

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**TEMA:  
ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS  
DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA  
AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DEL  
RÁBANO (RAPHANUS SATIVUS) EN EL CANTÓN CAYAMBE.**

**AUTORA:  
PAOLA GABRIELA ROBLES CUESTA**

**TUTOR:  
RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO**

**Quito, febrero del 2019**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo, Paola Gabriela Robles Cuesta, con documento de identificación N°. 110414285-4 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: **ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DEL RÁBANO (RAPHANUS SATIVUS) EN EL CANTÓN CAYAMBE**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERA AMBIENTAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Paola Gabriela Robles Cuesta

110414285-4

Febrero del 2019

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo experimental, **ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DEL RÁBANO (RAPHANUS SATIVUS) EN EL CANTÓN CAYAMBE**, realizado por Paola Gabriela Robles Cuesta, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2019



.....

Ronnie Xavier Lizano Acevedo

171429158-8

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo se encuentra dedicado para mis padres y hermana, quienes me han apoyado durante toda esta etapa académica.*

***A mi madre Paulina.***

*Por ser un apoyo incondicional, y motivación diaria, quien me ha enseñado que a pesar de las adversidades que se puedan presentar se debe seguir adelante siempre buscando el lado positivo de cada situación.*

***A mi padre Elio.***

*Por ser ejemplo de responsabilidad, esfuerzo y perseverancia, quien a través de todas sus enseñanzas y consejos ha hecho de mí una persona de bien, agradecerle profundamente por ayudarme a cumplir esta meta.*

***A mi hermana Tatiana.***

*Por apoyarme y ayudarme siempre, por alentarme para continuar y mejorar cada día.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresar mis más sinceros agradecimientos a todos quienes permitieron realizar el presente trabajo:

A la Universidad Politécnica Salesiana, por todos estos años de aprendizaje.

A la carrera de Ingeniería Ambiental y a cada uno de los docentes, por brindarme en sus aulas las bases necesarias para formarme académicamente.

Agradezco a mi tutor, Ingeniero Ronnie Lizano, quien, con su experiencia, conocimiento y a través de las correcciones y consejos me brindó la orientación necesaria para llevar a cabo y culminar el presente trabajo de titulación.

A los agricultores, quienes permitieron se lleve a cabo la presente investigación y fueron fuente de grandes enseñanzas.

Al Ingeniero Jorge Sandoval, quien me ayudo con datos de las estaciones meteorológicas para el presente trabajo.

Al Ingeniero Lenyn Pulamarin, por su colaboración con los Shapefiles del cantón Cayambe.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. Objetivo General .....	3
2.2. Objetivos Específicos .....	3
3. MARCO TEÓRICO .....	4
3.1. Agricultura en Ecuador.....	4
3.2. Agricultura convencional .....	4
3.3. Agroecología .....	5
3.4. Soberanía alimentaria .....	6
3.5. Rábano.....	7
3.6. Ecoetiquetas.....	8
3.7. SPG.....	9
3.8. Análisis de ciclo de vida.....	9
3.9. Huella de carbono.....	10
3.10. Huella hídrica.....	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
4.1. Materiales .....	12
4.1.1. Fase de campo.....	12
4.1.2. Fase de laboratorio.....	13
4.1.2.1. Suelo.....	13
4.1.2.2. Agua.....	15
4.1. Métodos .....	16
4.2.1. Fase de campo.....	16

4.2.1.1.	Determinación de parcelas.....	16
4.2.1.2.	Muestreo de suelo y agua.....	18
4.2.1.3.	Muestreo de biofertilizantes y producto. ....	19
4.2.1.4.	Recopilación de información. ....	19
4.2.2.	Fase de laboratorio.....	20
4.2.2.1.	Determinación de parámetros físico-químico en suelo y agua. ....	20
4.2.3.	Fase de gabinete.....	21
4.2.3.1.	Análisis de la fase agrícola del rábano.....	21
4.2.3.2.	Huella de carbono. ....	23
4.2.3.3.	Huella hídrica.....	29
4.2.3.4.	Prueba t de student.....	33
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
5.1.	Emplazamiento y extensión de las parcelas .....	35
5.2.	Análisis de recurso suelo y agua de las parcelas en el laboratorio .....	36
5.3.	Análisis de huella de carbono.....	49
5.4.	Análisis de huella hídrica .....	53
5.5.	Resultados prueba t de student .....	61
5.5.1.	Huella de carbono. ....	61
5.5.2.	Huella hídrica. ....	62
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
6.1.	Conclusiones.....	63
6.2.	Recomendaciones .....	65
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	66
8.	ANEXOS .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Toma de muestras de suelo .....	12
Tabla 2. Toma de muestras de agua .....	12
Tabla 3. Toma de muestras de biofertilizantes.....	13
Tabla 4. Toma de muestras del producto rábano .....	13
Tabla 5. Entrevista a productores.....	13
Tabla 6. Materiales para la determinación de pH y conductividad en suelo.....	14
Tabla 7. Materiales para la determinación de materia orgánica- nitrógeno.....	14
Tabla 8. Materiales para la determinación de fósforo y potasio .....	14
Tabla 9. Materiales para la determinación de textura .....	15
Tabla 10. Materiales para la determinación de pH y conductividad en agua .....	15
Tabla 11. Materiales para la determinación de alcalinidad del agua .....	15
Tabla 12. Materiales para la determinación de K, Na, Ca, y Mg, del agua .....	15
Tabla 13. Materiales para la determinación de cloruros .....	16
Tabla 14. Altitud de los cultivos de rábano del sistema convencional .....	18
Tabla 15. Metodología empleada en parámetros físico-químicos en agua y suelo.....	20
Tabla 16. GWP para CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> , según la periodicidad.....	24
Tabla 17. Factores de conversión para combustible .....	25
Tabla 18. Valores calóricos netos de combustibles .....	25
Tabla 19. Factores de emisión en agricultura para maquinaria y fuentes móvil.....	25
Tabla 20. Factor de emisiones directas de N <sub>2</sub> O .....	27
Tabla 21. Factor de emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O .....	28
Tabla 22. Factores de conversión para fertilizantes .....	29
Tabla 23. Valores de Kc y p del cultivo de rábano .....	30
Tabla 24. Límites permisibles en agua de riego.....	32



Tabla 25. Identificación de las parcelas agroecológicas y convencionales .....	35
Tabla 26. Resultados de suelo de los parámetros físico-químico en cultivos agroecológicos.....	38
Tabla 27. Clases texturales sistema agroecológico .....	38
Tabla 28. Resultados de suelo de los parámetros físico-químico en cultivos convencionales .....	41
Tabla 29. Clases texturales sistema convencional .....	42
Tabla 30. Comparación parámetros de suelo en sistema agroecológico y convencional	43
Tabla 31. Resultados de agua de los parámetros físico-químico en cultivos agroecológicos.....	45
Tabla 32. Resultados de agua de los parámetros físico-químico en cultivos convencionales .....	47
Tabla 33. Comparación parámetros de agua en sistema agroecológico y convencional	48
Tabla 34. Emisiones generadas por actividad .....	49
Tabla 35. Huella de carbono de cada parcela.....	50
Tabla 36. Promedio de CO <sub>2</sub> eq por kilogramo de rábano en los dos sistemas agroalimentarios.....	52
Tabla 37. Comparación huella de carbono referencial con sistemas investigados .....	53
Tabla 38. Parámetros utilizados para el cálculo de huella azul y verde en Cropwat .....	54
Tabla 39. Componentes de la huella hídrica por parcela .....	54
Tabla 40. Huella azul, verde y gris de cada sistema .....	57
Tabla 41. Comparación de huella hídrica referencial con sistemas investigados .....	60
Tabla 42. Prueba estadística t en dos muestras de varianzas iguales en HC.....	61
Tabla 43. Prueba t para dos muestras de varianzas iguales en huella hídrica .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente en Ecuador entre 1990-2016 .....	5
Figura 2. Diagrama de proceso de la fase agrícola en el sistema agroecológico .....	21
Figura 3. Diagrama de proceso de la fase agrícola en el sistema convencional .....	22
Figura 4. Pasos para calcular la huella de carbono de un producto .....	23
Figura 5. Clases texturales sistema agroecológico.....	39
Figura 6. Clases texturales sistema convencional .....	42
Figura 7. Huella de carbono de cada parcela de rábano.....	51
Figura 8. Huella de carbono de los sistemas agroalimentarios .....	52
Figura 9. Componentes de la huella hídrica por parcela .....	55
Figura 10. Huella hídrica por parcela.....	56
Figura 11. Comparación huella azul, verde, gris del sistema agroecológico y convencional .....	58
Figura 12. Huella hídrica del sistema agroecológico y convencional.....	59
Figura 13. Huella hídrica promedio por componentes y total de cada nivel.....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de las parcelas de estudio .....	77
Anexo 2. ACV de la fase agrícola del Sistema Agroecológico .....	77
Anexo 3. ACV de la fase agrícola del Sistema Convencional .....	78
Anexo 4. Toma de muestras de suelo.....	78
Anexo 5. Toma de muestra de agua .....	79
Anexo 6. Toma de muestra de producto .....	79
Anexo 7. Toma de peso del producto rábano.....	79
Anexo 8. Toma de medidas en la fase inicial y final de los rábanos .....	80
Anexo 9. Aplicación de químicos al terreno .....	80
Anexo 10. Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas .....	81
Anexo 11. Elección del método para calcular la precipitación efectiva .....	82
Anexo 12. Datos del cultivo rábano.....	82
Anexo 13. Ingreso de datos de clima y precipitación .....	83
Anexo 14. Selección del tipo de suelo de la parcela .....	84
Anexo 15. Valores del requerimiento de agua para el cultivo de rábano .....	84
Anexo 16. Porcentaje de las emisiones generadas en los dos sistemas .....	84
Anexo 17. Resultados de porcentaje de composición de N, P, K de biofertilizantes .....	85
Anexo 18. Análisis de pesticidas en producto agroecológico .....	86
Anexo 19. Análisis de pesticidas en producto convencional .....	87
Anexo 20. Coliformes en producto - Ascázubi .....	88
Anexo 21. Coliformes en producto - Juan Montalvo .....	89
Anexo 22. Análisis en laboratorio de recurso suelo y agua .....	90

## RESUMEN

La presente investigación analiza las emisiones de Dióxido de Carbono equivalente ( $\text{CO}_2$  eq) y la cantidad de agua utilizada durante la fase agrícola del rábano, es decir desde la siembra hasta la cosecha, para lo cual se usó el indicador huella de carbono (HC) y el indicador huella hídrica (HH).

El presente estudio, se realizó con la colaboración de 3 agricultores agroecológicos y 3 agricultores convencionales dentro del cantón Cayambe, en cuyas parcelas de rábano se efectuaron análisis de suelo, agua, y del producto rábano, además de análisis de bioinsumos aplicados en los cultivos de rábano agroecológicos, se utilizó la metodología dada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de la Estación Experimental del Litoral Sur para la toma de muestras de suelo agrícola y la metodología dada por el INIAP de la Estación Experimental Boliche, junto con el Instructivo de Agrolaboratorio CERES para muestrear agua de riego.

Para el análisis de  $\text{CO}_2$  eq generado por el cultivo de rábano, se usó el indicador HC empleando la metodología facilitada por la PAS 2050 y las directrices del IPPC, obteniéndose 66,9 g  $\text{CO}_2$  eq/kg rábano emitidos hacia la atmósfera en Sistemas Agroecológicos (SAE), mientras en agricultura convencional las emisiones son de 91,5 g  $\text{CO}_2$  eq/kg rábano.

Para estimar la cantidad de agua requerida por kilogramo de producto de rábano se empleó el indicador HH, con el cual se obtuvo que la cantidad de agua requerida en SAE es de 32,2 l/kg rábano y 75,4 l/kg rábano en Sistemas Convencionales (SC).

## **ABSTRACT**

The present investigation analyzes the emissions of carbon dioxide equivalent and the amount of water used throughout all the agricultural phase of radish, which means from planting to harvest, it needs to use the carbon footprint indicator and also use the water footprint indicator.

The study was applied to 3 agroecological farmers and 3 conventional farmers within Cayambe canton, in whose radish plots were executed soil, water and radish product analysis for both kind of systems, in addition to bio inputs analysis that are applied in the agroecological radish crops. For it there was used the methodology given by INIAP (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) from the Experimental Station of the South Coast for the sampling of the agricultural soil, the methodology given by INIAP of Experimental Station “Boliche”, together with the instruction of Agrolaboratory CERES to sample irrigation water.

For the analysis of equivalent CO<sub>2</sub> generated by the cultivation of radish, use was made of the carbon footprint indicator; it used the methodology provided by the PAS 2050 and the guidelines of the IPPC, obtaining 66,9 g CO<sub>2</sub> eq/kg radish emitted in to the atmosphere on agroecological system, while in conventional agriculture emissions are 91,5 g CO<sub>2</sub> eq/kg radish.

To estimate the required amount of water per kilogram of radish product, water footprint indicator was used, through which it was found that the quantity of water required on agroecological systems is 32,2 l/kg radish and 74,4 l/kg radish in conventional system.

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades más relevantes en todas las zonas del mundo, debido a que influye en el ámbito social, económico y ambiental, la cual si no se la realiza bajo prácticas sostenibles ocasiona altos impactos ambientales, la misma es causante del 65 % al 80 % de emisiones de monóxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ), de 55 % al 60 % de emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ), y de 25 % de emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (Saynes, Etchevers, Paz, & Alvarado, 2016, p. 84), al mismo tiempo es una de las actividades que causa la mayor generación de óxido nitroso debido a la utilización de fertilizantes sintéticos elaborados en base a nitrógeno (FAO, 2017, p. 39), las emisiones de este gas de efecto invernadero son 300 veces más potente que las de  $\text{CO}_2$  (Paul, Ernsting, Semino, Gura, & Lorc, 2009, p. 23).

Según el Banco Mundial (2018b), a nivel global las emisiones de  $\text{CO}_2$  en el año 1960 fueron de 9 396 706 kt, mientras en el año 2014 fueron de 36 138 285 kt, evidenciando un incremento de 26 741 579 kt. Por el contrario, en Ecuador en el año 1960 las emisiones de  $\text{CO}_2$  fueron de 1 763 827 kt, mientras en el año 2014 representaron la cantidad de 43 919 659 kt, evidenciando un incremento de 42 155 832 kt (Banco Mundial, 2018a).

Así mismo se identifica que partir de 1960 ha incrementado en aproximadamente el 60 % el empleo de agua destinada para riego, actualmente la agricultura hace empleo de elevadas cantidades de agua dulce, beneficiándose del 70 % disponible en el mundo, de la cual existen pérdidas del 40 al 60 % por los deficientes sistemas de riego empleados (Avilés, 2006, p. 30). Por estas razones, el presente estudio se plantea con el fin de

identificar y cuantificar la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> eq emitidas hacia la atmósfera y la determinación y cuantificación de la cantidad de agua empleada en toda la fase agrícola del rábano, valoración que es calculada para la unidad funcional de un kilogramo de producto rábano. Este proceso de cuantificación se llevó a cabo dentro del cantón Cayambe, con la contribución de productores agroecológicos, los cuales integran dimensiones políticas, sociales, económicas y ambientales, aspecto por el cual pertenecen a los denominados sistemas agroecológicos y productores convencionales, que son aquellos que emplean químicos en sus cultivos de rábano y se encuentran bajo la categorización de sistemas convencionales. Los agricultores del SAE trabajan bajo el distintivo del Sistema Participativo de Garantías (SPG), los mismos cuentan con dos tipos de carnet para poder ser diferenciados, amarillo, aquellos agricultores en proceso de transición a ejecutar prácticas agroecológicas y verde aquellos productores que se garantiza cuentan con prácticas agroecológicas, en el presente estudio se trabajó con productores agroecológicos que poseen carnet verde de la organización BioVida, mientras la selección para los agricultores del sistema convencional se llevó a cabo según la altitud en la que se encontraban sus parcelas, seleccionándose así agricultores convencionales del norte, centro y sur del cantón. Por consiguiente, la presente investigación se propone para analizar cuál de los dos sistemas agroalimentarios utiliza y contamina menos agua dulce y genera menor emisión de CO<sub>2</sub> eq al planeta por la producción del cultivo de rábano en el cantón Cayambe, provincia Pichincha, país Ecuador.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo General**

Estimar los impactos ambientales mediante el Análisis de Ciclo de Vida de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica del rábano (*Raphanus sativus*) en el cantón Cayambe.

### **2.2.Objetivos Específicos**

Estimar la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente a la atmósfera por kilogramo de producto de rábano a través del indicador Huella de Carbono.

Estimar la cantidad de agua requerida por kilogramo de producto de rábano a través del indicador Huella Hídrica.

Comparar los resultados que evidencien los posibles beneficios en los aspectos social, económico y ambiental de ambas producciones agrícolas destacando la más positiva y eficiente.



### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Agricultura en Ecuador**

Ecuador se caracteriza por tener un porcentaje de tierras cultivadas de 10,65 % (Gispert, 2009, p. 17), es así que a partir de finales de los años 70 se promovió la producción de hortalizas, lo cual se produjo dado la variedad de zonas que contiene el país, especialmente la región Sierra, se caracteriza por producir hortalizas, debido a que presenta entornos excelentes de temperatura, mantiene una intensidad de luz adecuada y una buena calidad en suelo (Waters, 2000: 199, citado en Guerra, 2012, p. 18).

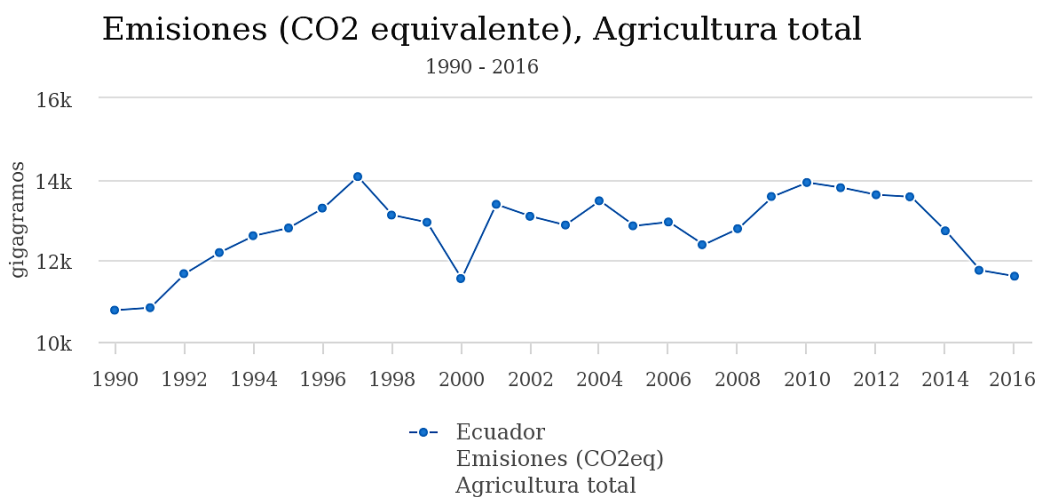
#### **3.2. Agricultura convencional**

Consiste en un proceso agroquímico, el cual sigue el modelo de la revolución verde, el mismo que genera compactación, erosión y detrimento de la fertilidad del suelo, provocando alteración en procesos ecológicos y en los cultivos se genera la reducción del rendimiento, además busca incrementar los ingresos económicos a través del aumento de producción y resistencia de cultivos, mediante el empleo de prácticas como: modificación genética en semillas, siembra de un solo producto en extensiones grandes de terreno, riego, manejo de abonos químicos y de pesticidas, además de prácticas como “labranza intensiva” (Gliessman, 2002, p. 3).

La agricultura convencional hace empleo de elevadas cantidades de combustibles fósiles destinados a la producción de alimentos, por esta razón emite grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Pengue, 2005, p. 59). Por consiguiente a nivel mundial durante el año 2014 la superficie cosechada fue de 2 781 millones de hectáreas, y las emisiones netas de CO<sub>2</sub> equivalente de Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo (AFOLU)

correspondieron a 8 165 megatoneladas (FAOSTAT, 2017b, p. 1), del mismo modo en el año 2016 Ecuador generó 11 614 52 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente producidos por actividades agrícolas (FAOSTAT, 2017a, p. 1).

La agricultura convencional también emplea aproximadamente dos tercios del agua dulce que se dispone mundialmente motivo por el que la agricultura influye en el “microclima y en la hidrología” (Gliessman, 2002, p. 8) dentro una región.



Source: FAOSTAT (jun. 10, 2018)

**Figura 1.** Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en Ecuador entre 1990-2016

Fuente: (FAOSTAT, 2017a)

### 3.3. Agroecología

Es un tipo de agricultura que analiza y trata los agroecosistemas sostenibles mediante el empleo de principios ecológicos, utiliza técnicas como irrigación por goteo, permitiendo la reducción de la cantidad de agua empleada para la producción de cultivos (Gliessman, 2002, pp. 8, 13).

Cuenta con principios como: el aumento del reciclaje de biomasa, la minimización de pérdidas de nutrientes, agua, recursos genéticos, y la diversificación de sistemas agrícolas, este último principio consiste en plantar variedades de cultivos, beneficiando así a la biodiversidad y protegiendo los recursos agua, aire y suelo, además de permitir la

disminución de plagas que afectan a los cultivos (Altieri, 2002, p. 51). Para el desarrollo de la agroecología se requiere de acceso a semillas que sean de origen orgánico, a extensiones de terreno o tierra, acceso a fuentes de agua, recursos financieros, tecnología agroecológica y sobre todo acceso a mercados que permitan la comercialización de los productos obtenidos (Altieri & Nicholls, 2012, p. 70).

También la agroecología busca generar una producción que sea sustentable, a través del empleo de conocimientos tradicionales de los agricultores, conservando así saberes ancestrales, utilizando conocimientos como las fases de la luna y excluyendo productos que sean de origen químico (Ortega, 2009, p. 8).

El cantón Cayambe fomenta a sus productores a cosechar bajo el modelo agroecológico, debido a que este respeta el derecho de los consumidores a obtener productos libre de sustancias que puedan afectar su salud, por lo cual el 8 de marzo de 2018, expide la “Ordenanza de regulación del uso del espacio público para la comercialización de productos sanos en ferias agroecológicas”, en la que se establecen incentivos como son la exoneración del pago de impuesto predial a los agricultores que se dediquen a la obtención de productos a través de la producción agroecológica, esto previo a una constatación del sistema utilizado (Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural y Pluricultural del Municipio de Cayambe, 2018, p. 16), lo cual garantice también la reducción de impactos ambientales generados a causa del sector agrícola.

### **3.4. Soberanía alimentaria**

Consiste en el acceso a productos que sean saludables y nutritivos, cosechados mediante técnicas sostenibles (Kabiri, 2013, p. 1), además permite a la persona seleccionar el producto que desea consumir (Bello, Jordá, & Tello, 2010, p. 50). Se ampara en 6

principios, los cuales son: “alimentación saludable para la población, apreciar a los agricultores que proporcionan los alimentos, ubicar alimentos saludables, empoderar a los agricultores, generar enseñanzas y habilidades, y producir con la naturaleza en pro de la soberanía alimentaria” (Kabiri, 2013, pp. 1, 2).

### **3.5. Rábano**

Es una hortaliza, que pertenece a la familia Cruciferae, cuyo nombre científico es *Raphanus sativus L.* Se cree que es originario de China (Fonnegra & Jiménez, 2007, p. 218).

Su crecimiento se da en cualquier tipo de clima y suelo, sin embargo no se adapta a fríos intensos, y en cuanto a suelo tiene mejor adaptación a suelos blandos y ricos en humus (Araújo, 2013, p. 170). El rábano resiste suelos ligeramente ácidos, debido a que no requiere elevadas concentraciones en nutrientes como potasio y nitrógeno (Giaconi & Escaff, 1998, p. 252), además no requiere de muchos cuidados, no obstante, se realiza labores de aporcado, que consiste en recolectar tierra que se encuentre alrededor de la planta de rábano y luego hacer un pequeño montículo con esta tierra sobre la planta favoreciendo así al crecimiento del rábano (Araújo, 2013, p. 170).

La siembra es de forma directa, puede ser por voleo o en línea, la técnica al voleo consiste en esparcir un puñado de semillas de forma directa sobre el terreno, mientras la siembra en línea consiste en realizar surcos con una distancia entre 5 a 10 cm, colocar las semillas en el surco y cubrir el surco con una pequeña cantidad de tierra aproximadamente con 2 cm (Giaconi & Escaff, 1998, p. 252), asimismo en cualquier época del año se puede realizar la siembra, siendo aconsejable en primavera y al final del verano (Araújo, 2013, p. 170).

Esta hortaliza presenta dos variedades: rábano y rabanito. Los rábanos se caracterizan por la presencia de raíces más grandes, existen varias formas de raíces dentro de estas se tiene: “esféricas, achatadas, ovaladas, de epidermis blanca, roja, grisácea, negra, de verano, de primavera, de invierno y de otoño”, siendo estas dos últimas formas de raíces las más plantadas (Giacconi & Escaff, 1998, p. 251), pueden ser de ciclo corto, de ciclo medio o de ciclo largo, con 25 a 30 días, 40 a 45 días o 100 a 110 días respectivamente, mientras los rabanitos se caracterizan por tener raíces de diámetro de 2 a 3 cm, ocupan pequeñas extensiones de terreno y tienen un ciclo corto por lo que son cultivados todo el año, los tipos más comunes son: el redondo blanco, el rosado de punta blanca (Barioglio, 2006, p. 359) y alargado, el proceso de siembra de rabanito consiste en realizar surcos con una distancia de 10 a 15 cm, distribuyendo el puñado de semillas sobre estos y no es necesario realizar un proceso de raleo, lo cual significa que no es imprescindible extraer plantas por encontrarse muy juntas (Giacconi & Escaff, 1998, pp. 252, 253).

### **3.6. Ecoetiquetas**

Las ecoetiquetas consisten en una certificación de tipo ambiental (Abarca & Sepulveda, 2001, p. 4), existen tres tipos de etiquetas verdes, la tipo I hace referencia a una entidad particular analizando al producto bajo la categoría en la cual este se encuentre agrupada, la tipo II, incluye puntos específicos que ha decidido colocar el fabricante como información relevante, la tipo III es aquella que muestra los impactos generados por la fabricación u obtención del producto (Bastante, Capuz, Viñole, & Pacheco, 2011, pp. 20, 21).

Optar por la alternativa de ecoetiquetado de un producto hoy en día no es obligatorio, sino que es opcional, pero hay que considerar que si un producto cuenta con información de cómo fue obtenido, probablemente el consumidor buscará en el caso de productos alimenticios aquel que no cause afecciones a su salud (Abarca & Sepulveda, 2001, p. 3). Se conoce que en países europeos la obtención de las ecoetiquetas engloba un proceso sistemático para la obtención del sello verde, en la cual se verifica a profundidad si el producto es merecedor o no de la etiqueta, esto se logra a través de una evaluación del producto, cuando se ha solicitado la ecoetiqueta (Martínez Alíer & Roca Jusmet, 2001, p. 283).

### **3.7. SPG**

El SPG es el Sistema Participativo de Garantías, que consiste en una propuesta de ecoetiquetado campesino, la cual expresa la generación de impacto ambiental por obtención de un producto, este tipo de sello lo ha venido desarrollando la organización Resak-Bio-vida, además el SPG cuenta con elementos que se alinean a la agroecología, los cuales son: “visión compartida, participación corresponsable, transparencia, confianza y proceso pedagógico” (Sedal, 2018).

### **3.8. Análisis de ciclo de vida**

El análisis de ciclo de vida (ACV) permite analizar los impactos medioambientales que se producen en cada una de las fases de una actividad, servicio o producto, lo hace desde la etapa de extracción, hasta la etapa de disposición final (Díaz, Álvarez, & González, 2004, p. 179), favoreciendo así la determinación y cálculo de los recursos que son empleados para generar el producto como energía, materia prima y al mismo tiempo identifica los materiales de desecho que se obtienen durante toda la vida del producto

(Aranda & Zabalza, 2010, p. 28). Actualmente se utilizan las normas ISO 14040:2006 que establece las condiciones para elaborar un ACV, y la ISO 14044:2006 que establece los lineamientos para elaborar un ACV (Haya, 2016, p. 4).

### **3.9. Huella de carbono**

La huella de carbono es un indicador ambiental que hace referencia a la suma total de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), generados de forma directa o indirecta por organizaciones, productos, o personas (CEPAL, 2018), puede manifestarse en gramos de CO<sub>2</sub> eq por kilogramo de producto (Viglizzo, 2010, p. 15).

Para determinar la huella de carbono, es necesario realizar un análisis de ciclo de vida del producto, de este modo se identifica las actividades y los materiales que fueron necesarios desde su elaboración hasta su disposición final (CEPAL, 2018).

Además la huella de carbono puede ser determinada por los métodos ISO 14064:2010, que brinda los lineamientos para cuantificar las emisiones de GEI para organizaciones, PAS 2050, que plantea pasos básicos para estimar la huella de carbono en un producto, ISO 14067:2015, que establece los requerimientos para determinar la huella de carbono de un producto, Greenhouse Gas Protocol (GHG), los que permiten determinar las emisiones de CO<sub>2</sub>, IPCC 2006, que brinda las pautas para elaborar los inventarios y calcular los GEI (Sanchez et al., 2017, p. 174).

### **3.10. Huella hídrica**

La huella hídrica, es aquella que detalla la cantidad de agua dulce que es necesaria para producir un bien, servicio, o producto, consiste en un tipo de indicador (Orjuela & Vargas, 2016, p. 17), se puede expresar en unidades de litro por kilogramo. Dentro de la agricultura, la huella hídrica se subdivide en 3 tipos: huella azul, huella verde y huella

gris, las dos primeras huellas hacen referencia a la cantidad y la última huella hace referencia a la calidad. La huella azul es el agua procedente de fuentes “subterráneas, superficiales y subsuperficiales”, como son: ríos, manantiales, lagos, pozos, entre otras fuentes. La huella verde es aquella que proviene del agua lluvia, la cual se infiltra en el suelo favoreciendo al producto durante toda su fase agrícola, y la huella gris es el agua dulce contaminada por los productos incorporados durante la fase agrícola (Liscano, 2017, pp. 17, 18).



## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Materiales

#### 4.1.1. Fase de campo.

Los materiales y equipos utilizados en la toma de muestras de suelo, agua, biofertilizantes, de producto rábano y la realización de la entrevista a los productores se detallan continuación:

**Tabla 1.**

*Toma de muestras de suelo*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivo</b>
Barreno	GPS Garmin ETrex 30x	Agua destilada
Balde	Cámara fotográfica	
Guantes de látex		
Fundas ziplock		
Cooler		
Hielo		
Etiquetas		
Marcador permanente		
Cinta métrica 50m		
Pala		
Machete		

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 2.**

*Toma de muestras de agua*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivo</b>
Balde graduado 20 litros	GPS Garmin ETrex 30x	Agua destilada
Guantes de látex	Cronómetro	
Botellas de polietileno 1 litro	Cámara fotográfica	
Cooler		
Hielo		
Etiquetas		
Marcador permanente		
Pelota plástica		
Cinta métrica 50m		

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 3.**  
*Toma de muestras de biofertilizantes*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Botellas de polietileno 1 litro	Cámara fotográfica
Fundas ziplock	
Balanza	
Guantes de látex	
Cooler	
Hielo	
Etiquetas	
Marcador permanente	

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 4.**  
*Toma de muestras del producto rábano*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Guantes de látex	Cámara fotográfica
Fundas ziplock	
Balanza	
Cooler	
Hielo	
Etiquetas	
Marcador permanente	

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 5.**  
*Entrevista a productores*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Cuestionario	Cámara fotográfica
Libreta de campo	
Esfero	

Elaborado por: P. Robles, 2018

#### **4.1.2. Fase de laboratorio.**

##### **4.1.2.1. Suelo.**

Los materiales y equipos empleados para el análisis de suelo se detallan continuación:

**Tabla 6.***Materiales para la determinación de pH y conductividad en suelo*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Vasos plásticos	Balanza Analítica	Agua destilada
Cuchara	Potenciómetro	
Muestra de suelo gruesa	Conductímetro	
Piseta		

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 7.***Materiales para la determinación de materia orgánica- nitrógeno*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Balones 100 ml	Balanza Analítica	Dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$
Cuchara	Soporte Universal	Ácido sulfúrico $H_2SO_4$
Papel aluminio		Ácido fosfórico $H_3PO_4$
Pera		Yoduro de potasio KI
Vasos plásticos		Almidón $C_6H_{10}O_5$
Matraz Erlenmeyer 250 ml		Agua destilada
Pipetas graduadas		Agua de la llave
Bureta		Tiosulfato de sodio $Na_2S_2O_3$
Muestra de suelo fina		

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 8.***Materiales para la determinación de fósforo y potasio*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Matraz Erlenmeyer 150 ml	Balanza Analítica	Bicarbonato de sodio $NaHCO_3$
Cuchara	Agitador magnético de 12	Vasos con 18 ml de agua
Pera	posiciones	destilada
Vasos plásticos	Espectrofotómetro visible	Agua destilada
Papel filtro	Fotómetro de llama industrial	Solución colorante $CH_3OH$
Pipeta graduada		Ácido ascórbico $C_6H_8O_6$
Probeta		
Vaso de precipitación de 400 ml		
Muestra de suelo fina		
Dispensador automático		
Puntas plásticas		
Tubos plásticos con tapa		
esterilizados		
Cubetas estándar para		
espectrofotometría		

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 9.***Materiales para la determinación de textura*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Tarrina de polietileno	Balanza Analítica	Hexametáfosfato de sodio ( $\text{NaPO}_3$ ) <sub>6</sub>
Cuchara	Probetas de 100 ml	Agua de la llave
Muestra de suelo gruesa	Densímetro	

Elaborado por: P. Robles, 2018

**4.1.2.2. Agua.**

Los materiales y equipos empleados para el análisis de agua se detallan continuación:

**Tabla 10.***Materiales para la determinación de pH y conductividad en agua*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Muestras de agua	Potenciómetro	Agua destilada
Piseta	Conductímetro	

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 11.***Materiales para la determinación de alcalinidad del agua*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Balón 100 ml	Soporte Universal	Agua destilada
Pipeta graduada	Balanza Analítica	Bromofenol
Pera		Hidróxido de Sodio
Goteros		Agua de la llave
Muestras de agua		Fenolftaleína
Bureta		Ácido Clorhídrico

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 12.***Materiales para la determinación de K, Na, Ca, y Mg, del agua*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Dispensador automático	Fotómetro de llama industrial	Vasos con 18 ml de agua
Puntas plásticas	Espectrómetro de absorción	destilada
Muestras de agua	atómica	Agua destilada

Elaborado por: P. Robles, 2018

**Tabla 13.***Materiales para la determinación de cloruros*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Matraz Erlenmeyer 250 ml	Soporte Universal	Agua destilada
Gotero		Dicromato de Potasio $K_2Cr_2O_7$
Probeta		Nitrato de Plata $AgNO_3$
Bureta		
Muestras de agua		

Elaborado por: P. Robles, 2018

#### **4.1. Métodos**

Para desarrollar el presente trabajo, se usó una investigación descriptiva y una investigación correlacional. Descriptiva ya que se valió de técnicas como observación científica, encuestas y entrevistas para la recopilación de información y se enlistó cada uno de los procesos que actualmente son llevados a cabo para la obtención de la hortaliza rábano tanto para los sistemas agroecológicos como convencionales, lo cual permitió establecer la cantidad de  $CO_2$  eq y la cantidad de agua empleada. Y correlacional en vista de que se determinó el grado en que una variable se relaciona con otra, para lo cual se hizo uso de pruebas matemáticas como media aritmética, desviación estándar de los resultados que fueron obtenidos en los análisis de suelo y agua y estadígrafos como la prueba T de student para huella de carbono y huella hídrica (Pazmiño, 2007, p. 33).

##### **4.2.1. Fase de campo.**

###### ***4.2.1.1. Determinación de parcelas.***

Para la determinación de las parcelas en estudio, en cuanto al sistema agroecológico se seleccionó una organización de productores agroecológicos que cuentan con SPG, debido a que este sistema certifica como exento de agrotóxicos a los productos,

para lo cual se realizó una reunión con los representantes de la organización BioVida, en la que se explicó los puntos que abarca la investigación.

Actividad que permitió establecer cuantas personas pertenecen a la organización y realizar un listado de los productores agroecológicos que en el momento del estudio cuentan con el cultivo de rábano en el cantón Cayambe, conociéndose así que la organización BioVida se conforma por 65 personas dentro de la cual 5 productores contaban con cultivo de rábano en el momento del estudio. De estos 5, se ubicaban 3 productores en el sector de Santa Marianita de Pingulmí y 2 productores se localizaban en el sector Santa Rosa de Ayora. Conviene mencionar que no todos los productores de la asociación contaban con el producto rábano, debido a que es rotativa la siembra de productos por parte de los agricultores de esta organización, dado que se turnan en sembrar los productos para que en las ferias exista variedad y se genere un espacio que busque oportunidades de venta para todos los productores.

En cuanto a la elección de las parcelas agroecológicas, se realizó un muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple, en el cual se eligieron 3 productores que tenían cultivos de rábano en sus parcelas y llevaban a cabo prácticas agrícolas similares. De los cultivos de rábano que fueron seleccionadas, 2 correspondieron a la comunidad de Santa Marianita de Pingulmí y 1 se ubicó en la comunidad de Santa Rosa de Ayora.

Para la determinación de parcelas convencionales de cultivos de rábano, se las seleccionó de manera que abarquen todo el cantón, se empleó muestreo aleatorio simple según el piso altitudinal, seleccionándose así, las parroquias de Ascázubi, Juan Montalvo y Olmedo, de esta forma se analizaron el sur, centro y norte del cantón. Se trabajó con

cultivos de rábano de 1 agricultor convencional en cada piso altitudinal, señalándose en la tabla 14, los datos de altitud fueron recolectados mediante el uso de GPS; las parcelas de cultivos de rábano seleccionadas contaban con prácticas agrícolas semejantes.

**Tabla 14.**

*Altitud de los cultivos de rábano del sistema convencional*

Parcela	Parroquia	Altitud (m s. n. m.)	Climas en Cayambe
BC1	Ascázubi	2 706	Ecuatorial mesotérmico seco
BC2	Juan Montalvo	2 946	Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo
BC3	Olmedo	3 384	Ecuatorial de alta montaña

Elaborado por: P. Robles, 2018

#### **4.2.1.2. Muestreo de suelo y agua.**

Para la toma de muestra de suelo agrícola, se adoptó la metodología brindada por el INIAP de la estación experimental del litoral sur. Para la toma de muestra, la superficie debe estar libre de cobertura vegetal, luego se sigue forma de zigzag en la parcela, se procede con una inclinación de 45° a realizar un corte en V con la pala a una profundidad de 20 cm, se descarta los extremos dejando una submuestra rectangular de 5 cm de espesor, estas submuestras se colocan en un balde limpio, se mezclan homogéneamente y se procede a tomar 1 kg de muestra en la funda ziplock previamente membretada. Se realizó este muestreo para identificar las características físico-químicas del suelo en el cual se encuentra el cultivo de rábano.

Para la toma de muestra de agua de riego, se utilizó la metodología de la Estación Experimental Boliche, junto con el Instructivo de Agrolaboratorio CERES, en los estanques de almacenamiento se dejó correr el agua estancada, en los canales debido a la profundidad, se procedió a lanzar un balde en la mitad del canal, recolectando así el agua de riego y luego, se tomó la muestra de 1 litro en una botella de polietileno previamente

enjuagada 3 veces con el agua a muestrear. Se efectuó este muestreo a fin de identificar la calidad del agua con la que se riega el producto rábano.

#### ***4.2.1.3. Muestreo de biofertilizantes y producto.***

Se tomó muestras de biofertilizantes sólidos y líquidos, para lo cual se recogió 1 kg en fundas ziplock y 1 litro en botellas de polietileno, con sus respectivas etiquetas, lo cual se ejecutó con el fin de conocer la cantidad de nutrientes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) que es incorporado al suelo.

La toma de muestra de producto para analizar plaguicidas y coliformes, se llevó a cabo bajo la metodología dada por Agrocalidad, se tomó aleatoriamente productos de rábano fresco que se encontraban en etapa de cosecha, siguiendo orden de zigzag en la parcela y finalmente colectando 1 kg de muestra por cada análisis en fundas ziplock, manteniéndolas en refrigeración hasta su ingreso en los laboratorios, se realiza este procedimiento para que la muestra sea representativa.

#### ***4.2.1.4. Recopilación de información.***

Para la recopilación de información, se elaboró una encuesta con contenido de acción y de forma abierta, lo cual hace referencia a las acciones que ha realizado el agricultor para la obtención del producto rábano, también se realizó una entrevista estructurada para agricultores agroecológicos y convencionales, estos instrumentos, se aplicaron para recibir información sobre las variables en estudio.



#### 4.2.2. Fase de laboratorio.

##### 4.2.2.1. Determinación de parámetros físico-químico en suelo y agua.

Los parámetros que fueron analizados, se los seleccionó acorde a la guía descrita en la norma técnica de suelo del año 2013, en la cual se establece indicadores para identificar la calidad de un suelo de uso agrícola.

En suelo se analizó: pH, conductividad eléctrica, textura, correspondientes a parámetros físicos y materia orgánica, potasio, fósforo, nitrógeno, correspondientes a parámetros químicos. En agua se analizó: pH, turbiedad, conductividad eléctrica, equivalente a parámetros físicos y carbonatos, bicarbonatos, cloruros, potasio, sodio, magnesio, calcio, que corresponden a parámetros químicos, para lo cual, se hizo uso de la metodología empleada en el laboratorio de suelo y agua de la Universidad Politécnica Salesiana campus Cayambe, las metodologías y parámetros se detallan en la tabla 15.

**Tabla 15.**

*Metodología empleada en parámetros físico-químicos en agua y suelo*

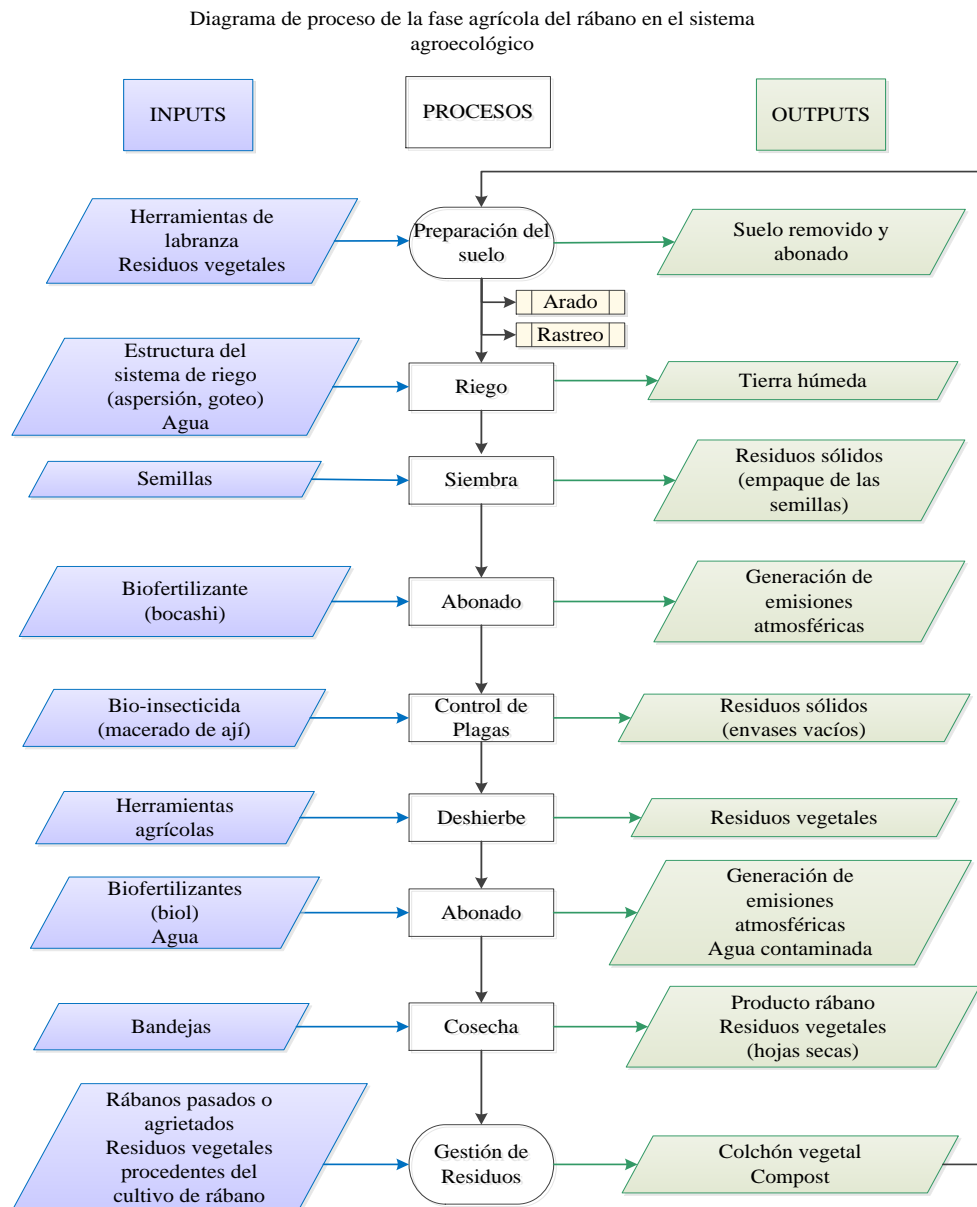
Suelo		Agua	
Parámetros	Metodologías	Parámetros	Metodologías
pH	Potenciómetro	pH	Potenciómetro
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Conductímetro	Turbiedad (NTU)	Turbidímetro
Textura	Bouyoucos	Conductividad (mmhos/cm)	Conductímetro
Potasio (meq/100 g)	Fotometría de	Cloruros (meq/l)	Método de Mohr
Fósforo (ppm)	llama	Alcalinidad (meq/l)	Valoración ácido-base
Materia Orgánica (%)	Método Olsen	Sodio (mg/l)	Absorción atómica
Nitrógeno (%)	Walkley y Black	Potasio (mg/l)	Absorción atómica
	Walkley y Black	Calcio (mg/l)	Absorción atómica
		Magnesio (mg/l)	Absorción atómica

Elaborado por: P. Robles, 2018

### 4.2.3. Fase de gabinete.

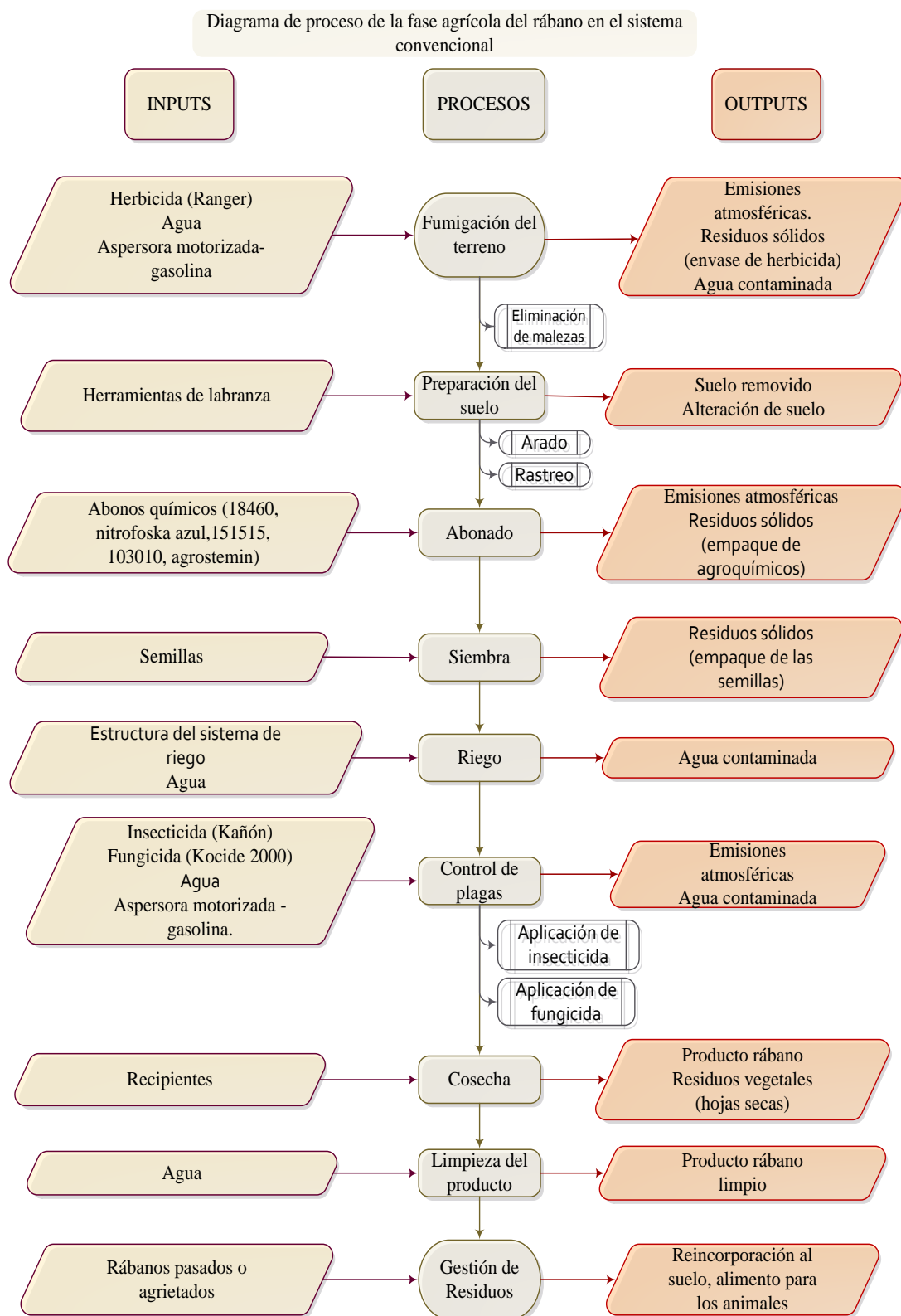
#### 4.2.3.1. Análisis de la fase agrícola del rábano.

Para la identificación de la fase agrícola del rábano, se realizó diagramas de flujo, en los cuales se enlistó el proceso que se realiza en cada uno de los sistemas, junto con las entradas y salidas que estos procesos requieren.



**Figura 2.** Diagrama de proceso de la fase agrícola en el sistema agroecológico

Elaborado por: P. Robles, 2018



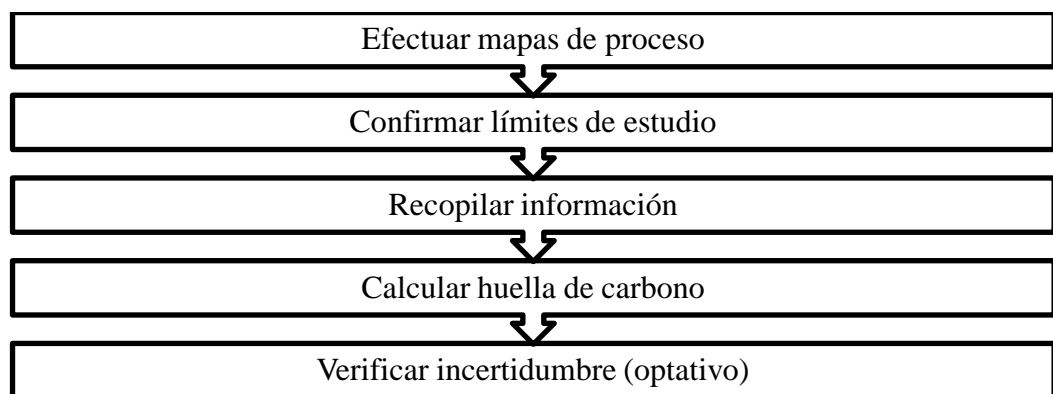
**Figura 3.** Diagrama de proceso de la fase agrícola en el sistema convencional

Elaborado por: P. Robles, 2018

#### 4.2.3.2. *Huella de carbono.*

Para la determinación del indicador huella de carbono del producto rábano, se hizo uso de la metodología dada por la PAS 2050 y la ISO 14067, junto con las directrices brindadas por el IPCC.

De la metodología PAS 2050 (2008) para medir la huella de carbono del producto, se tomó como base los 5 pasos que se establecen en la figura 4, también se empleó datos sobre actividad (pp. 12, 13), los cuales hacen referencia a los procesos que fueron llevados a cabo para la obtención del producto rábano y se hizo uso de factores de emisión, los cuales permitieron transformar las cantidades generadas en cada actividad a emisiones originadas por la fase agrícola del rábano.



**Figura 4.** Pasos para calcular la huella de carbono de un producto

Fuente: (PAS 2050, 2008, pp. 9, 10)

Para empezar a cuantificar las emisiones y por ende la huella de carbono, como punto principal se determina el nivel en el cual se va a trabajar, dado que las directrices del IPCC cuenta con tres niveles, el nivel 1, hace empleo de factores de emisión por defecto, empleados al no contar con datos a nivel nacional, es considerado el método más fácil, el nivel 2, emplea datos de factores de emisión delimitados por cada país, el nivel 3 requiere de amplia información dado que hace uso de datos individuales en factores de

emisión y de modelos (Tubiello et al., 2015, p. 19). En la presente investigación se utiliza el nivel 1 y la cuantificación se realiza para un periodo de 100 años cuyos valores de Potencial de Calentamiento Global (GWP) se observan en la tabla 16.

**Tabla 16.**  
*GWP para CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, según la periodicidad*

Potencial de calentamiento global por periodos de tiempo						
Factor de conversión	20 años		100 años		500 años	
CO <sub>2</sub>	1	CO <sub>2</sub> e	1	CO <sub>2</sub> e	1	CO <sub>2</sub> e
CH <sub>4</sub>	72	CO <sub>2</sub> e	25	CO <sub>2</sub> e	7.6	CO <sub>2</sub> e
N <sub>2</sub> O	289	CO <sub>2</sub> e	298	CO <sub>2</sub> e	153	CO <sub>2</sub> e

Fuente: (IPCC, 2007: 210-214, citado en González & Kanyama, 2007, p. 8; Röss, 2013, p. 16). Elaborado por: P. Robles, 2018

Para calcular las emisiones generadas por la utilización de combustibles fósiles se emplea la Ecuación (1):

$$Emisión = \sum_j (Combustible_j * EF_j) \quad (1)$$

Fuente: (IPCC, 2006a, p. 33)

La cual se usa para cuantificar las emisiones cuando existe uso de equipos de transporte, y es igual a la cantidad empleada del combustible fósil por el factor de emisión del tipo de combustible utilizado.

Primero es necesario establecer la cantidad de combustible utilizado en la fase agrícola del rábano en galones, valor que es transformado a m<sup>3</sup>, luego se convierte a unidades de kg, lo cual se logra multiplicando por la densidad del combustible utilizado, cantidad que se observa en la tabla 17, tanto para el diésel como para la gasolina.

**Tabla 17.***Factores de conversión para combustible*

Factores de conversión en combustible			
Parámetro	Combustible	Valor	Unidad
Densidad de combustibles	Diésel	832	kg/m <sup>3</sup>
	Gasolina	745	kg/m <sup>3</sup>
Poder calorífico inferior	Diésel	43,1	MJ/kg
	Gasolina	43,2	MJ/kg

Fuente: (BioGrace, s. f.). Elaborado por: P. Robles, 2018

El dígito obtenido en unidades de kg es convertido a Gg, número que mediante el uso de los valores calóricos netos de cada combustible presentado en la tabla 18 se transforman a valor calórico neto en unidades de TJ.

**Tabla 18.***Valores calóricos netos de combustibles*

Valores Calóricos Netos (VCN)			
Tipo de combustible	VCN (TJ/Gg) por defecto	Límite inferior	Límite superior
Gasolina para motores	44,3	42,5	44,8
Diésel	43	41,4	43,3

Fuente: (IPCC, 2006c, p. 19)

Esta cifra es transformada a kg de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, multiplicando para el valor por defecto de emisión de cada uno de estos gases, equivalencias que se observan en la tabla 19. En el presente estudio se analizó parcelas en las cuales se empleaba gasolina para un motor de 4 tiempos y combustible diésel. Este valor se transforma a kg CO<sub>2</sub> eq al multiplicar por las equivalencias presentadas en la tabla 16 para el periodo de 100 años.

**Tabla 19.***Factores de emisión en agricultura para maquinaria y fuentes móvil*

Factores de emisión por defecto para fuentes y maquinaria móviles todo terreno				
Sector	Tipo de combustible	CO <sub>2</sub> (kg/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Agricultura	Diésel	74 100	4,2	28,6
	Gasolina para motor a 4 tiempos	69 300	80	2

Fuente: (IPCC, 2006a, p. 36)

Para estimar las emisiones producidas por el uso de fertilizantes sintéticos y orgánicos, se analizan las emisiones de N<sub>2</sub>O directas para lo cual se maneja las Ecuaciones (2), (3), (4), (5), (6) y las emisiones indirectas, se calculan con las Ecuaciones (7), (8).

$$N_2O_{directas} - N = N_2O - N_{N\text{aportes}} \quad (2)$$

Fuente: (IPCC, 2006b, p. 7)

La Ecuación (2), es empleada para suelos que han sido gestionados, dónde N<sub>2</sub>O<sub>directas</sub> representa la cantidad de emisiones directas por cosecha de rábano, es el resultado de la diferencia del nitrógeno agregado con el monóxido de dinitrógeno generado (N<sub>2</sub>O –N).

La Ecuación (3), permite establecer emisiones de N<sub>2</sub>O directas, tal como se muestra a continuación:

$$N_2O - N_{N\text{aportes}} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) * FE_1 \quad (3)$$

Fuente: (IPCC, 2006b, p. 7)

Dónde:

$N_2O - N_{N\text{aportes}}$  = cantidad formada por la diferencia del nitrógeno agregado con el monóxido de dinitrógeno generado

$F_{SN}$  = dosis de nitrógeno inorgánico aplicado a través de fertilizantes por cosecha de rábano

$F_{ON}$  = dosis de compost a base de estiércol animal aplicado al cultivo

$F_{CR}$  = valor generado de nitrógeno a causa de los residuos agrícolas

$F_{SOM}$  = aporte de nitrógeno producido por la mineralización de suelos

$FE_1$  = factor de emisión, del cual el valor y descripción se presenta en la tabla 20.

**Tabla 20.***Factor de emisiones directas de N<sub>2</sub>O*

<b>Factor de emisiones directas de óxido nitroso en suelos gestionados</b>		
<b>Factor por defecto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor (%)</b>
FE <sub>1</sub>	Se emplea cuando existe aplicación de abono orgánico, fertilizantes minerales, residuos agrícolas en el suelo	0,010

Fuente: (IPCC, 2006b, p. 12). Elaborado por: P. Robles, 2018

Por lo antes mencionado, la fórmula empleada para el cálculo de las emisiones de N<sub>2</sub>O directas en unidades de kg N<sub>2</sub>O/kg rábano varía acorde el sistema agroalimentario analizado, pues el sistema agroecológico utiliza la Ecuación (4), mientras el sistema convencional utiliza la Ecuación (5). Además, estos valores fueron utilizados para calcular los kg de CO<sub>2</sub> eq/kg rábano a través de la Ecuación (6), en la cual se multiplica el valor generado en kg de CO<sub>2</sub> eq/kg rábano por el GWP del N<sub>2</sub>O, valor que se encuentra en la tabla 16.

$$N_2O - N_{N\text{aportes}} = [(F_{ON} + F_{CR}) * FE_4] * \frac{44}{28} \quad (4)$$

Fuente: (IPCC, 2006b, pp. 7, 11)

$$N_2O - N_{N\text{aportes}} = [(F_{SN} + F_{CR}) * FE_1] * \frac{44}{28} \quad (5)$$

Fuente: (IPCC, 2006b, pp. 7, 11)

$$\frac{kg\ CO_2eq}{kg\ rábano} = N_2O - N_{N\text{aportes}} * GWP \quad (6)$$

Para realizar el cálculo de las emisiones de monóxido de dinitrógeno indirectas para el sistema agroecológico se emplea la Ecuación (7) y para el sistema convencional se emplea la Ecuación (8), una vez obtenidos los valores en kg CO<sub>2</sub> eq/kg rábano se utiliza la Ecuación (9), en la que se explica que el valor obtenido de monóxido de dinitrógeno



indirectas se multiplica por el valor de GWP de N<sub>2</sub>O, valor que se encuentra en la tabla 16.

$$N_2O_{(ADT)} - N = (F_{ON} * Frac_{GASM}) * FE_4 \quad (7)$$

Fuente: (IPCC, 2006b, p. 23)

$$N_2O_{(ADT)} - N = (F_{SN} * Frac_{GASF}) * FE_4 \quad (8)$$

Fuente: (IPCC, 2006b, p. 23)

$$\frac{kg\ CO_2eq}{kg\ rábano} = N_2O - N_{N\ aportes} * GWP \quad (9)$$

Dónde  $N_2O_{(ADT)} - N$  corresponde a las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O,  $F_{ON}$  es el valor generado de nitrógeno a causa de los residuos agrícolas,  $Frac_{GASM}$  corresponde a la fracción de volatilización de nitrógeno en los fertilizantes orgánicos,  $F_{SN}$  es la cantidad de compost de origen animal,  $Frac_{GASF}$  es la fracción de volatilización de nitrógeno en los fertilizantes de origen químico y finalmente  $FE_4$  que es el factor de emisión por defecto para la volatilización del nitrógeno componente del fertilizante, tal como se exhibe en la tabla 21.

**Tabla 21.**

*Factor de emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O*

Factor de emisiones indirectas de óxido nitroso en suelos gestionados		
Factor por defecto	Descripción	Valor (%)
FE <sub>4</sub>	Se emplea cuando el elemento nitrógeno del fertilizante aplicado se volatiliza	0,010
$Frac_{GASM}$	Fracción que representa la volatilización del elemento nitrógeno que compone el estiércol, fertilizante orgánico, orina de animales	0,20
$Frac_{GASF}$	Fracción que representa la volatilización del elemento nitrógeno que compone el fertilizante inorgánico	0,10

Fuente: (IPCC, 2006b, p. 26). Elaborado por: P. Robles, 2018

Para la medición de los kg CO<sub>2</sub> eq/kg rábano, es necesario utilizar los factores de emisión para los fertilizantes y pesticidas, los cuales se muestran en la tabla 22, además de los valores del poder calorífico inferior, estos se encuentran en la tabla 17. Por lo tanto, se multiplica la cantidad de fertilizantes, pesticidas, combustible y semillas por sus factores de emisión en kg CO<sub>2</sub> eq/kg.

**Tabla 22.**

*Factores de conversión para fertilizantes*

<b>Factores de conversión en fertilizantes</b>					
<b>Aspecto</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>CaO</b>	<b>Pesticidas</b>
Factores de emisión (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	5,88	1,01	0,58	0,13	11
Energía (MJ fósil/kg)	49	15,2	9,68	1,97	268

Lista de valores estándar. Fuente: (BioGrace, s. f.)

Finalmente, la ecuación para estimar la huella de carbono se adoptó de la metodología PAS 2050 (2008) y del documento de Cortes (2016), obteniéndose que la huella de carbono del producto rábano en la fase agrícola se represente por la Ecuación (10).

$$HC_{\text{fase agrícola del rábano}} = \frac{\text{Datos de actividad} * \text{factor de emisión} * \text{GWP}}{\text{Unidad funcional de cultivo de rábano (1 kg rábano)}} \quad (10)$$

#### **4.2.3.3. Huella hídrica.**

Para la cuantificación del indicador huella hídrica gris se utilizó el procedimiento del manual de evaluación diseñado por Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen (2011), al igual que se hizo uso del programa informático CROPWAT 8.0 diseñado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para la determinación de la huella azul y verde.

Para obtener la huella hídrica es necesario contar con datos de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) en mm/día y de precipitación efectiva en mm, los cuales se obtienen

como resultado del ingreso de datos mensuales de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s), insolación (hr) y precipitación total (mm) en el software CROPWAT 8.0, el cual para calcular la  $ET_o$  se vale de la ecuación descrita en Allen G., Pereira, Raes, & Smith (2006) llamada Penman-Monteith (p.65). Cabe mencionar que para este estudio se ingresaron datos obtenidos de 3 estaciones meteorológicas Vantage Pro2 de la Universidad Politécnica Salesiana campus Cayambe de los últimos 4 años, comprendidos en el periodo de 2015 a 2018, estas estaciones se encuentran ubicadas en las parroquias de Ascázubi, Cangahua y Olmedo.

Luego de obtener los datos de  $ET_o$  y de precipitación efectiva, se calcula la evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar ( $ET_c$ ), para lo cual se hace uso de la Ecuación (11), en la que se describe que la evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar es igual al coeficiente único del cultivo, en este caso del rábano, multiplicado por la evapotranspiración de referencia.

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (11)$$

Fuente: (Allen G. et al., 2006, p. 89)

En seguida se calcula el parámetro cultivo en CROPWAT 8.0, para lo que es necesario ingresar datos de  $K_c$  inicial, medio, y final, el número de días según la etapa: inicial, desarrollo, media, final del cultivo, la profundidad radicular en metros en la etapa inicial y media, valores que se encuentran en la tabla 38, además se ingresa la cantidad de fracción de agotamiento crítico del cultivo, factor de respuesta del rendimiento al agua ( $k_y$ ), y la altura del cultivo en la etapa media. El coeficiente único del cultivo y el factor de agotamiento crítico del rábano, se muestran en la tabla 23.

**Tabla 23.**

*Valores de  $K_c$  y  $p$  del cultivo de rábano*

Coeficiente único del cultivo			Factor de agotamiento crítico		
Kc inicial	Kc medio	Kc fin	p inicial	p medio	p fin
0,7	0,9	0,85	0,3	0,4	0,5

Fuente:(Allen G. et al., 2006, pp. 110, 163). Elaborado por: P. Robles, 2018

Una vez se ingresen estos datos, se selecciona el tipo de suelo, los cuales vienen por defecto en el programa, se escoge el que pertenezca a las parcelas en estudio, acto seguido se procede al cálculo del requerimiento de agua del cultivo (RAC), acción que realiza el software con los datos de cada cultivo que se ingresa.

Inmediatamente, a través de la Ecuación (12) se obtiene la huella azul y con la Ecuación (13) la huella verde.

$$HH\ Azul = \frac{RAC\ azul}{\gamma} \quad (12)$$

Fuente: (Alvarez, Morábito, & Schilardi, 2016, p. 166)

$$HH\ verde = \frac{RAC\ verde}{\gamma} \quad (13)$$

Fuente:(Alvarez et al., 2016, p. 166)

Dónde:

HH azul = huella hídrica azul en litros por kilogramo de producto

RAC azul = requerimiento de agua de riego del cultivo

HH verde = huella hídrica verde en litros por kilogramo de producto

RAC verde = requerimiento de agua lluvia del cultivo

$\gamma$  = rendimiento de cada cultivo.

Para la medición de la huella gris se considera todos los fertilizantes químicos que se emplean para el cultivo de rábano, lo cual expresa que únicamente los cultivos de

rábano del sistema convencional cuentan con esta huella, para su cálculo se utiliza la Ecuación (14).

$$HH\ gris = \frac{(\alpha * AR)}{(C_{max} - C_{nat})} \quad (14)$$

Fuente:(Sanchez et al., 2017, p. 178)

Dónde:

HH gris = huella hídrica gris en litros por kilogramo de producto

$\alpha$ = fracción de filtración y escurrimiento del fertilizante aplicado en el suelo

AR = dosis de todos los químicos colocados en el suelo del cultivo de rábano

$C_{max}$  = límite máximo que tolera la fuente de agua

$C_{nat}$  = concentración natural del agua

Es así que, para la cuantificación de la huella gris, se considera los límites máximos permisibles en agua de riego de los elementos que componen los fertilizantes químicos empleados durante la fase agrícola del rábano, límites que se observan en la tabla 24.

**Tabla 24.**

*Límites permisibles en agua de riego*

Límite permisible	
Elemento	mg/l
Sodio (Na)	69
Boro (B)	1
Nitrógeno (N-NO <sub>3</sub> )	5
Hierro (Fe)	5
Manganeso (Mn)	0,20
Zinc (Zn)	2
Cobre (Cu)	2

Fuente:(Ministerio del ambiente, 2002, pp. 312–315). Elaborado por: P. Robles, 2018

Por lo tanto, la huella hídrica total para sistemas agroecológicos se calcula a través de la Ecuación (15) y mediante la Ecuación (16) se obtiene la huella hídrica total del sistema convencional.

$$HH_{agroecológico} = HH \text{ Azul} + HH \text{ verde} \quad (15)$$

$$HH_{convencional} = HH \text{ Azul} + HH \text{ verde} + HH \text{ gris} \quad (16)$$

#### 4.2.3.4. *Prueba t de student.*

En la presente investigación se seleccionó este tipo de prueba debido a que el número de muestras es menor a 30 (Sánchez, 2015, p. 59), considerando que para realizar el cálculo del estadígrafo t de student, se toma en cuenta el tamaño de la muestra, en este caso 3 para sistemas agroecológicos y 3 para sistemas agroalimentarios convencionales. También es necesario conocer la media de la muestra, y la desviación estándar (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012, pp. 246, 247), la cual varía dependiendo el indicador a evaluarse, huella de carbono o huella hídrica.

Para realizar esta prueba de hipótesis es necesario conocer que el nivel de significancia para proyectos de investigación es de 5 %, es decir  $\alpha = .05$ , que los grados de libertad se miden con la Ecuación (17) y estar al tanto de las siguientes condiciones (Tovar, s. f.):

Sí el valor de  $p \leq .05$ , se rechaza hipótesis nula

Sí el valor de  $p > .05$ , se acepta hipótesis nula

$$gl = n - 1 \quad (17)$$

Por consiguiente, se planteó la siguiente hipótesis para el indicador huella de carbono:

$$H_0: HC\ SAE = HC\ SC$$

$$H_1: HC\ SAE < HC\ SC$$

Dónde la hipótesis nula expresa que la huella de carbono del sistema agroecológico (HC SAE) es igual a la huella de carbono del sistema convencional (HC SC), mientras la hipótesis alternativa indica que la huella de carbono del sistema agroecológico es menor a la huella de carbono del sistema convencional.

La hipótesis planteada para la huella hídrica se representa a continuación:

$$H_0: HH\ SAE \leq HH\ SC$$

$$H_1: HH\ SAE > HH\ SC$$

Dónde la hipótesis nula enuncia que el indicador huella hídrica del sistema agroecológico (HH SAE) es menor o igual al indicador huella hídrica del sistema convencional (HH SC), mientras que la hipótesis alternativa formula que el indicador huella hídrica del sistema agroecológico es mayor al indicador huella hídrica del sistema convencional.

Por lo expuesto, la prueba t en la presente investigación permite comparar el promedio de una muestra con otra, para los dos tipos de indicadores de huellas, realizando la prueba t para dos muestras independientes (Walpole et al., 2012, p. 50), dado que las parcelas agroecológicas no tienen relación de prácticas agrícolas con los productores convencionales.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Emplazamiento y extensión de las parcelas

Se analizaron cultivos de rábano de 6 agricultores, 3 pertenecen a sistemas agroecológicos con un área total de parcelas de 162 m<sup>2</sup>, representados con los códigos de parcelas: AA1, AA2, AA3, y 3 cultivos convencionales con área de estudio total de 159 m<sup>2</sup>, los códigos de sus parcelas son: BC1, BC2, BC3. En la tabla 25, se muestra el área y la ubicación de cada parcela que contiene cultivos de rábano, información que se obtuvo a través de visitas en campo, además, se revela que las extensiones de terreno dedicadas al cultivo de esta hortaliza no son extensas, esto se produce porque que el rábano no es considerado como un cultivo prioritario para el Ecuador (Nasevilla, 2010, p. 7) motivo que influye en la decisión de siembra del mismo. Sin embargo, el rábano es importante debido a que es una hortaliza esencial en la dieta de los ecuatorianos por su contenido de vitaminas como el ácido ascórbico (Nasevilla, 2010, p. 12; Vizuite, 2015, p. 14) y minerales tales como potasio, sodio, calcio, fósforo, magnesio y hierro (FAO, s. f., p. 60), lo que refuerza la soberanía alimentaria.

**Tabla 25.**

*Identificación de las parcelas agroecológicas y convencionales*

Parcela	Sistema	Área (m <sup>2</sup> )	Parroquia	Comunidad	Localización geográfica	
					X	Y
AA1	Agroecológico	43,8	Cangagua	Santa Marianita de Pingulmí	809818	9999832
AA2	Agroecológico	79,2	Cangagua	Santa Marianita de Pingulmí	809842	10000255
AA3	Agroecológico	39,2	Ayora	Santa Rosa de Ayora	820921	10009453
BC1	Convencional	92,5	Ascázubi	-	801422	9990743
BC2	Convencional	56,8	Juan Montalvo	-	817559	10001582
BC3	Convencional	10,1	Olmedo	Pesillo	826311	10017297

Elaborado por: P. Robles, 2018



## **5.2. Análisis de recurso suelo y agua de las parcelas en el laboratorio**

Los resultados obtenidos del recurso suelo en el sistema agroecológico, mostrados en la tabla 26, evidencian que el suelo de la parcela AA3 permite el desarrollo óptimo del cultivo de rábano, dado que cuenta con un pH equivalente a 6,44, mientras el parámetro pH para las parcelas AA1 y AA2 es de 7,34 y 7,65 respectivamente, lo cual obstaculiza el desarrollo del cultivo; según Vargas (2018) y Ulloa (2015), el rábano óptimamente necesita de suelos ligeramente ácidos con rangos de pH de 5,50 a 6,80 (p. 26, p.25), sin embargo se puede desarrollar en suelos con pH extremadamente ácido con 4,30 y suelos potentemente alcalinos con 8,30 (Vargas, 2018, p. 26).

En las muestras de suelo analizadas para las parcelas AA1, AA2 y AA3, respecto al parámetro de conductividad se observa que el valor promedio es igual a 292  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , cantidad que no supera el límite máximo permitido de 1 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en conductividad de suelo para cultivo de rábano (Ayers & Westcot, 1985, p. 31), esta cantidad es 75,7 % menor al límite permisible, valor que según Andrades & Martinez (2014) lo define como suelo no salino pues es menor a 2 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (p. 18), aspecto que favorece al rendimiento y crecimiento del cultivo, debido a que esta hortaliza presenta tolerancia moderada a la salinidad.

Para que exista un desarrollo adecuado del rábano, se suministran elementos básicos como N, P y K en cantidades adecuadas, puesto que la falta de los mismos genera un crecimiento deficiente; en el sistema agroecológico para este tipo de cultivo se aplica bocashi y biol. Las parcelas AA1 y AA2 únicamente colocan bocashi, mientras en AA3 se aplica los dos tipos de biofertilizantes, por este motivo, el contenido promedio en potasio de las parcelas es de 1,45 meq/100 g, lo cual expresa que el suelo contiene una

alta cantidad de potasio. Tal como se muestra en la tabla 26, los suelos de las parcelas AA1 y AA2 tienen alto contenido en potasio comprendido entre 1,50 y 2,40 meq/100 g, mientras que AA3 cuenta con bajo contenido de potasio, dado que se ubica entre los valores 0,30 a 0,60 meq/100 g (Rioja, 2002, citado en Pavón, 2003, p. 56). En cuanto al parámetro fósforo, su evaluación se la realizó bajo el método Olsen, el cual establece que menor a 15 ppm la cantidad es baja, de 15 a 50 es adecuada y mayor a 50 es alta, se muestra que el suelo destinado al cultivo de rábano en el sistema agroecológico presenta para las parcelas AA1 y AA2 una alta cantidad de fósforo, la parcela AA3 presenta baja cantidad de fósforo en el suelo y en promedio el suelo de las parcelas con cultivo de rábano del sistema agroecológico cuenta con una adecuada cantidad de fósforo, lo cual ayuda al crecimiento del cultivo (Arévalo & Castellano, 2009, p. 25).

Los suelos de las parcelas del sistema agroecológico cuenta con un promedio de materia orgánica de 2,99 %, es decir a nivel del sistema es alto el porcentaje de materia orgánica, mientras a nivel de cada parcela se muestra que AA1, AA2 y AA3 cuentan con materia orgánica normal, alto, y alto respectivamente, pues los rangos se ubican en normal de 2 % a 2,50 % y en alto entre 2,60 % a 3,50 % (Rioja, 2002, citado en Pavón, 2003, p. 54). El porcentaje de nitrógeno presente en el suelo se encuentra relacionado con la materia orgánica puesto que consiste en el 5 % de la materia orgánica, los rangos en el suelo se consideran bajos cuando es menor a 0,20 %, adecuado cuando se ubica entre 0,20 % y 0,50 % y es alto cuando es mayor a 0,50 % (Arévalo & Castellano, 2009, p. 25), en el caso del sistema agroecológico estudiado se identifica que la cantidad de nitrógeno presente en el suelo de cada cultivo de rábano es bajo.

**Tabla 26.***Resultados de suelo de los parámetros físico-químico en cultivos agroecológicos*

Parámetros	Parcelas			Pruebas matemáticas		
	AA1	AA2	AA3	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>CV (%)</i>
pH	7,34	7,65	6,44	7,14	0,63	8,81
Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	422	276	177	292	123	42,2
Potasio (meq/100 g)	2,30	1,71	0,34	1,45	1,01	69,4
Fósforo (ppm)	54,8	80,6	13,4	49,6	33,9	68,3
Materia Orgánica (%)	2,54	3,40	3,04	2,99	0,43	14,3
Nitrógeno (%)	0,13	0,17	0,15	0,15	0,021	14,3

Elaborado por: P. Robles, 2018

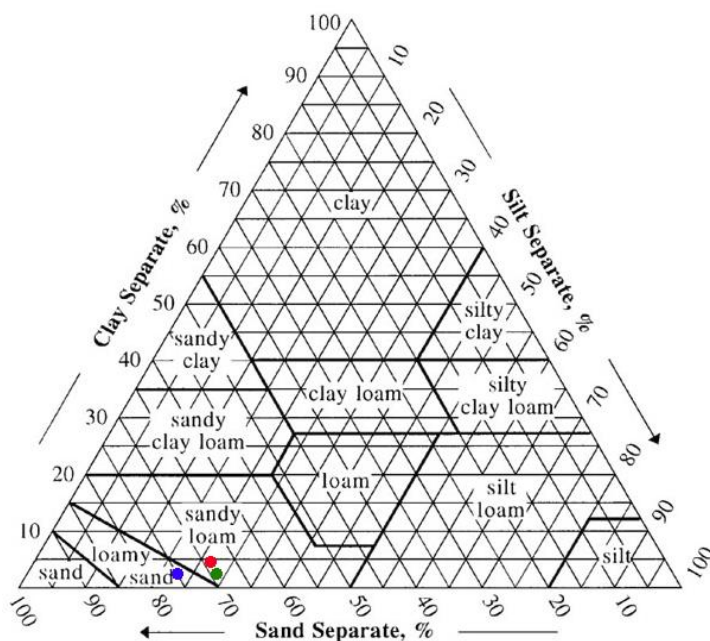
El cultivo de rábano prefiere suelos con textura franco o franco arenosos (Ulloa, 2015, p. 25), que faciliten la absorción y asimilación de agua a la planta, en tabla 27, se comprueba que las clases texturales de los suelos analizados en el sistema agroecológico son aptos para permitir el crecimiento de este cultivo.

**Tabla 27.***Clases texturales sistema agroecológico*

Parcela	Arenas totales (%)	Arcillas totales (%)	Limos (%)	Clase Textural
AA1	76	2	22	Arenoso Franco
AA2	70	2	28	Franco Arenoso
AA3	70	4	26	Franco Arenoso

Elaborado por: P. Robles, 2018

En la figura 5, se exhibe los tipos de clases texturales presentes para el sistema agroecológico, identificados en base al porcentaje de arena, arcilla y limo de la tabla 27, valores que fueron descubiertos en las muestras de suelo tomadas en las parcelas agroecológicas.



**Figura 5.** Clases texturales sistema agroecológico

Fuente: (USDA, s. f.)

Para el cultivo de rábano, es imprescindible que el suelo cuente con un buen porcentaje de materia orgánica que permita la conservación de minerales y agua. Se evidencia en el sistema convencional que el promedio de materia orgánica presente en el suelo es de 3,49 %, es decir el porcentaje es alto, desglosándose que BC1, BC2 y BC3 cuentan con materia orgánica alto, alto y muy alto respectivamente, se demuestra que el suelo de BC3 retiene mayor cantidad de agua, debido a que el rango se ubica en muy alto, superior a 3,60 % de materia orgánica (Pavón, 2003, p. 54). Estrechamente ligado a este parámetro se encuentra el porcentaje de nitrógeno, el cual indica que BC1 y BC2 poseen baja conservación de nitrógeno en el suelo, mientras BC3 posee un adecuado porcentaje de nitrógeno, a nivel general el sistema convencional presenta baja retención de nitrógeno en el suelo, esto a pesar de la cantidad de abono inorgánico suministrado en las parcelas destinadas a la producción de rábano. Estos abonos influyen en el contenido de macro nutrientes como N, P y K en el suelo, evidenciándose que el cultivo de rábano de la parcela

BC2 presenta baja cantidad de fósforo, mientras BC1 y BC3 contiene fósforo en una cantidad alta y en promedio el sistema convencional presenta una adecuada cantidad del macro elemento fósforo en el suelo, favoreciendo así al cultivo (Arévalo & Castellano, 2009, p. 25). La cantidad de potasio que posee el suelo de la parcela BC2 es normal, ya que se ubica en el intervalo de 0,60 a 0,90 meq/100 g, en cambio la de BC1 y BC3 es alta pues se encuentra en el intervalo de 0,90 a 1,50 meq/100 g, se observa igualmente, que en el sistema convencional en la tabla 28 el valor promedio de potasio es de 0,99 meq/100 g, lo que significa que la cantidad de potasio presente es alto (Rioja, 2002, citado en Pavón, 2003, p. 56).

El cultivo de rábano necesita disponibilidad adecuada de nutrientes en el suelo para que tenga un alto rendimiento, siendo necesario que la parcela cuente con el rango óptimo de pH el cual se encuentra entre 5,50 y 6,80 (Nasevilla, 2010, p. 16; Ulloa, 2015, p. 25), condición que como se observa en tabla 28, no disponen los terrenos analizados, pues estos se encuentran levemente excedidos al rango óptimo, observándose un valor promedio en el suelo del sistema convencional de 7,04, lo cual corresponde a un rango neutro de pH, sin embargo el cultivo de rábano aún puede desarrollarse en este tipo de suelo pero no bajo las condiciones ideales que este necesita.

La producción de rábano también se ve afectada por el parámetro de conductividad que presentan los suelos estudiados, ya que la cantidad de conductividad que poseen las parcelas convencionales a excepción de BC2, son elevadas; cabe mencionar que los parámetros pH y conductividad se encuentra estrechamente ligados, por esta razón los resultados que se obtuvieron en la presente investigación para conductividad perturban la absorción de agua y a largo tiempo ocasionan aumento de pH en el suelo. Los terrenos

BC1 y BC2 destinados a la obtención de rábano, se encuentran bajo la clasificación de suelos no salinos, y el suelo de BC3 se encuentra bajo la clasificación de ligeramente salino (Andrades & Martinez, 2014, p. 18), característica que se produce debido a la cantidad de abonos químicos que son colocados en las parcelas, ya que la aplicación de fertilizantes influye en el aumento o disminución del pH en el suelo, dado que aumenta el pH al ser absorbidos por la raíz del cultivo fertilizantes como nitratos y baja el pH con la aplicación de compuesto de amonio (Barbaro, Karlanian, & Mata, s. f., p. 6), ocasionando detrimento, erosión y contaminación del recurso suelo, a causa de la aplicación de plaguicidas y fertilizantes, actividad que a largo tiempo genera en el suelo dependencia, exigiendo a futuro mayores cantidades de compuestos químicos para obtener el mismo rendimiento del cultivo actual (Pinochet, 2006).

**Tabla 28.**

*Resultados de suelo de los parámetros físico-químico en cultivos convencionales*

Parámetros	Parcelas			Pruebas matemáticas		
	BC1	BC2	BC3	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>CV (%)</i>
pH	7,11	6,98	7,04	7,04	0,07	0,92
Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	344	196	864	468	351	74,9
Potasio (meq/ 100 g)	1,02	0,51	1,45	1	0,47	47,2
Fósforo (ppm)	63,9	10,7	56,7	43,8	28,9	66
Materia Orgánica (%)	2,83	2,61	5,04	3,49	1,34	38,4
Nitrógeno (%)	0,14	0,13	0,25	0,17	0,067	38,4

Elaborado por: P. Robles, 2018

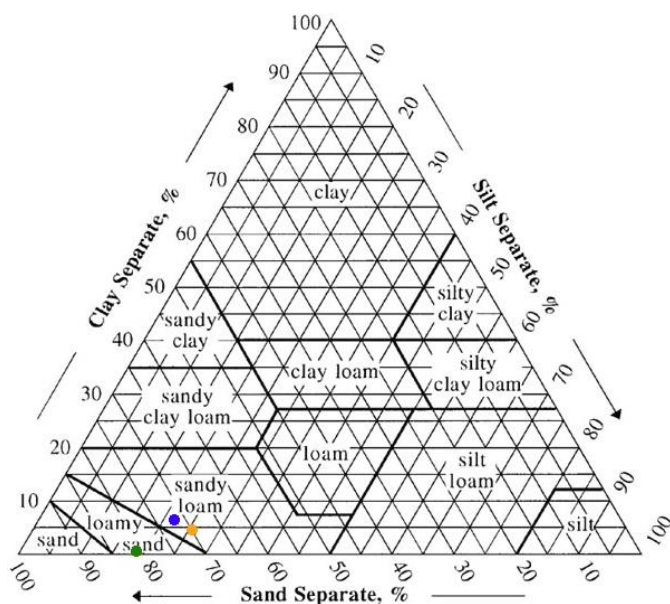
En la tabla 29 se expone los porcentajes de arena, limo y arcilla de las muestras de suelo analizadas en el sistema convencional, revelando suelos ideales para la siembra de rábano, como ya se ha mencionado prefiere suelos franco arenosos o franco (Nasevilla, 2010, p. 16), que faciliten la absorción de nutrientes y agua en la planta.

**Tabla 29.**  
*Clases texturales sistema convencional*

Parcela	Arenas totales (%)	Arcillas totales (%)	Limos (%)	Clase Textural
BC1	71	4	25	Franco Arenoso
BC2	73	6	21	Franco Arenoso
BC3	82	0	18	Arenoso Franco

Elaborado por: P. Robles, 2018

En la figura 6, se muestra el triángulo de textura en el cual se identificó el tipo de clases texturales para las parcelas del sistema convencional, en el cual se determina que la clasificación de los suelos para BC1, BC2 y BC3 son franco arenoso, franco arenoso, y arenoso franco respectivamente, lo cual beneficia la siembra de este tipo de cultivo.



**Figura 6.** Clases texturales sistema convencional  
Calculadora de textura de suelo. Fuente: (USDA, s. f.)

La tabla 30 compara los resultados obtenidos entre las muestras de suelo tomadas en sistemas agroecológicos y sistemas convencionales, en la misma se distingue que el valor de pH, potasio y fósforo es mayor en el suelo de las parcelas agroecológicas, mientras el valor de conductividad, materia orgánica y nitrógeno es mayor en el suelo de

las parcelas convencionales, mostrándose que en el cultivo de rábano los dos sistemas exceden la condición óptima de pH, pero el suelo de las parcelas agroecológicas tiene un valor mayor de pH a causa de la incorporación de cal viva para desinfectar el área destinada al cultivo, asimismo ambos se mantienen bajo el límite máximo de conductividad, sin embargo el valor de la producción convencional es mayor por los fertilizantes químicos que este utiliza. En cuanto al valor de materia orgánica, es mayor en el suelo del sistema convencional dado que este no solo emplea productos químicos sino también productos orgánicos como gallinaza y abono de cuy, de igual forma la cantidad de fósforo es mayor en el sistema agroecológico dado que se incorpora roca fosfórica en el suelo de una de sus parcelas.

**Tabla 30.**

*Comparación parámetros de suelo en sistema agroecológico y convencional*

Parámetros	Promedio recurso suelo	
	Agroecológico	Convencional
pH	7,14	7,04
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	292	468
Potasio ( $\text{meq}/100 \text{ g}$ )	1,45	1
Fósforo ( $\text{ppm}$ )	49,6	43,8
Materia Orgánica (%)	2,99	3,49
Nitrógeno (%)	0,15	0,17

Elaborado por: P. Robles, 2018

Los resultados obtenidos en las muestras de agua tomadas en la producción agroecológica se revelan en la tabla 31, en la cual se muestra que la cantidad del parámetro pH se ubica dentro del límite máximo permisible para agua de riego el cual se ubica en el rango de 6 a 9 (Ministerio del ambiente, 2002, p. 311), además el parámetro conductividad en el cultivo de rábano soporta en agua de riego un límite de 0,80 mmhos/cm (Ayers & Westcot, 1985, p. 31) en salinidad, por lo tanto se confirma que el agua utilizada en las



parcelas del sistema agroecológico cumplen con esta condición y no presentan prohibición para su uso, pues el agua de riego empleada en AA1, AA2 y AA3 poseen 0,070; 0,070 y 0,13 mmhos/cm respectivamente, así mismo este parámetro junto con el parámetro cloruros se encuentran dentro del límite máximo permisible en la legislación ecuatoriana dado que en conductividad los valores son menores a 0,70 mmhos/cm evitando la concentración de sales en el suelo, así mismo en el parámetro cloruros para AA1 y AA3 los valores son menores a 4 meq/l en riego por irrigación y para AA2 el valor es menor a 3 meq/l en riego superficial (Ministerio del ambiente, 2002, p. 314), lo cual facilita el crecimiento del cultivo y el rendimiento del mismo. El agua de riego utilizada en la parcela AA2 reporta mayor cantidad de materia en suspensión presente en el agua razón por la cual el valor de turbidez es más alto, lo cual puede ocasionar que se obstruya la tubería de riego con el pasar del tiempo y la reducción de permeabilidad en el suelo (Heredia, s. f., p. 4).

El agua de riego utilizada en las parcelas no tiene presencia de carbonatos, pero sí de bicarbonatos, se evidencia que el agua utilizada en el sistema agroecológico no presenta ninguna limitación en este parámetro pues se encuentra dentro del límite máximo que es 1,50 meq/l. Así mismo el parámetro sodio analizado en el agua de riego empleada para la producción agroecológica, se encuentra en 4,11; 3,87 y 7,16 en las parcelas AA1, AA2 y AA3 respectivamente, definiendo al agua empleada como segura, pues se sitúa bajo el valor permisible que es de 69 mg/l (Ministerio del ambiente, 2002, p. 314), además vale la pena mencionar que el rábano es medianamente tolerante al sodio, puesto que el cultivo resiste un rango de 15 a 40 % de sodio intercambiable (Ayers & Westcot, 1985, p. 80). El parámetro potasio se encuentra en 2 mg/l en aguas aptas para riego, demostrándose que el

agua de riego del sistema agroecológico es perfecto para el cultivo de rábano (InfoAgronomo, s. f., p. 3).

Respecto al parámetro calcio, el agua de riego utilizada en las parcelas agroecológicas se ubica bajo el límite máximo de 50 mg/l, lo cual corrobora que el contenido de calcio en el agua no contamina a la misma (CSR SERVICIOS, 2006, p. 1), igualmente, la cantidad de magnesio presente en el agua de riego, ocupada por el cultivo de rábano en las parcelas AA1, AA2 y AA3, no representa ningún peligro, pues se encuentra en el intervalo que va de 0 a 60 mg/l para agua normal (InfoAgronomo, s. f., p. 3).

**Tabla 31.**

*Resultados de agua de los parámetros físico-químico en cultivos agroecológicos*

Parámetros	Parcelas			Pruebas matemáticas		
	AA1	AA2	AA3	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>CV (%)</i>
pH	7,25	7,37	7,28	7,30	0,062	0,85
Turbiedad (NTU)	6,80	11,6	7,92	8,76	2,49	28,5
Conductividad (mmhos/cm)	0,070	0,069	0,13	0,089	0,034	38,2
Cloruros (meq/l)	0,17	0,21	0,25	0,21	0,04	18,1
Carbonatos (meq/l)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bicarbonatos (meq/l)	1,10	1,27	1,50	1,29	0,20	15,6
Sodio (mg/l)	4,11	3,87	7,16	5,05	1,83	36,2
Potasio (mg/l)	2	2	2	2	< 0,001	< 0,001
Calcio (mg/l)	5,06	4,43	7,74	5,75	1,76	30,6
Magnesio (mg/l)	1,63	1,74	3,58	2,32	1,09	47,1

Elaborado por: P. Robles, 2018

La tabla 32 muestra los resultados obtenidos en el laboratorio, de las muestras de agua utilizadas en las parcelas pertenecientes al sistema convencional, en la misma se evidencia que los parámetros pH, conductividad y cloruros cumplen con el límite máximo permisible establecidos en el TULSMA, en el cual se dice que el agua para que sea apta

para el uso agrícola debe tener pH entre 6 y 9, la conductividad tiene que encontrarse hasta 0,70 mmhos/cm y contar con la presencia de cloruros de hasta 3 meq/l (Ministerio del ambiente, 2002, pp. 311, 314), criterios que se cumplen en las parcelas del sistema convencional, dado que el valor promedio del agua de riego en cuanto al parámetro pH corresponde a 7,51, en conductividad el valor promedio equivale a 0,27 mmhos/cm y en cloruros es de 0,35 meq/l, también se observa que el agua empleada en la parcela BC1 tiene mayor turbidez a comparación del agua usada en la parcela BC3, esto se produce por el sistema de riego que utilizan, BC1 emplea sistema de riego por gravedad y agua del canal denominado el pisque, mientras BC3 emplea sistema de riego por aspersión y agua entubada.

Se aprecia que el agua de riego utilizada en la parcela BC1 tiene presencia de carbonatos con un valor de 0,93 meq/l, identificándola como agua de riego poca apta para el cultivo pues excede el límite normal de 0,10 meq/l (InfoAgronomo, s. f., p. 3), en cuanto al parámetro bicarbonato el agua de riego empleada para el cultivo rábano en el sistema convencional se encuentra en grado de prohibición ligera dado que se ubica dentro del rango de 1,50 a 8,50 meq/l (Ministerio del ambiente, 2002, p. 314). Mientras el parámetro sodio tiene un límite máximo permisible en agua de riego de 69 mg/l (Ministerio del ambiente, 2002, p. 314), manifestándose en la tabla 32 que el agua de riego empleada en los cultivos de rábano del sistema convencional es adecuada para el cultivo dado que la concentración de este parámetro es menor al expuesto en el rango aceptable.

Entre tanto, el valor de potasio excede la cantidad normal para agua de riego que es 2 mg/l (InfoAgronomo, s. f., p. 3), pero no excede el valor de 100 mg/l correspondiente a agua no apta para riego (CSR SERVICIOS, 2006, p. 1), dado que el agua de riego usada

en las parcelas convencionales BC1, BC2 y BC3 contienen 6,67; 4,33 y 8,67 mg/l de potasio respectivamente, ubicándose como agua medianamente peligrosa.

En cuanto al parámetro calcio se evidencia que el agua utilizada en los cultivos del sistema convencional se encuentra bajo la cantidad establecida como agua apta para riego que es de 50 mg/l, identificándose en la tabla 32 que el valor obtenido para el agua riego aprovechada por BC1 es de 20,9 mg/l, en BC2 es de 16,4 mg/l y en BC3 es de 19,2 mg/l.

En cuanto al parámetro magnesio del agua de riego analizada en la parcelas convencionales, se evidencia que no excede el rango normal de agua que va de 0 mg/l a 60 mg/l (InfoAgronomo, s. f., p. 3) por lo que se identifica que el agua de riego utilizada tiene rango normal y no afecta el desarrollo del cultivo de rábano.

**Tabla 32.**

*Resultados de agua de los parámetros físico-químico en cultivos convencionales*

Parámetros	Parcelas			Pruebas matemáticas		
	BC1	BC2	BC3	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>CV (%)</i>
pH	7,57	7,61	7,34	7,51	0,15	1,96
Turbiedad (NTU)	11,33	7,75	0,41	6,50	5,57	85,6
Conductividad (mmhos/cm)	0,32	0,24	0,26	0,27	0,04	15,6
Cloruros (meq/l)	0,37	0,38	0,30	0,35	0,044	12,7
Carbonatos (meq/l)	0,93	< 0,001	< 0,001	0,31	0,54	< 0,001
Bicarbonatos (meq/l)	1,93	1,70	2,71	2,12	0,53	25,1
Sodio (mg/l)	24,7	11,7	57,2	31,2	23,4	75,1
Potasio (mg/l)	6,67	4,33	8,67	6,56	2,17	33,1
Calcio (mg/l)	20,9	16,4	19,2	18,9	2,26	12,0
Magnesio (mg/l)	11,8	8,38	9,98	10	1,70	16,9

Elaborado por: P. Robles, 2018

La tabla 33, compara los resultados obtenidos del agua de riego utilizada en los dos sistemas agroalimentarios, en la cual se identifica que los valores de pH, conductividad, cloruros, carbonatos, bicarbonatos, sodio, potasio, calcio y magnesio son

mayores en el agua empleada en las parcelas convencionales y en las parcelas destinadas a la producción agroecológica el agua de riego presenta mayor turbiedad.

**Tabla 33.**

*Comparación parámetros de agua en sistema agroecológico y convencional*

Parámetros	Promedio recurso agua	
	Agroecológico	Convencional
pH	7,30	7,51
Turbiedad (NTU)	8,76	6,50
Conductividad (mmhos/cm)	0,089	0,27
Cloruros (meq/l)	0,21	0,35
Carbonatos (meq/l)	< 0,001	0,31
Bicarbonatos (meq/l)	1,29	2,12
Sodio (mg/l)	5,05	31,2
Potasio (mg/l)	2	6,56
Calcio (mg/l)	5,75	18,9
Magnesio (mg/l)	2,32	10

Elaborado por: P. Robles, 2018

En el parámetro carbonatos el agua de riego utilizada para el cultivo de rábano en el sistema convencional es de 0,31 meq/l, lo cual significa que el agua excede los valores normales que corresponden a 0,10 meq/l (InfoAgronomo, s. f., p. 3), esto se produce por la mala calidad de agua que presenta el canal de riego el Pisque, en cuanto a bicarbonatos se observa que la calidad de agua de riego utilizada en el sistema agroecológico favorece el crecimiento del cultivo, aspecto que contrasta con el valor de la producción convencional pues el agua de riego utilizada en este sistema posee ligera restricción (Ministerio del ambiente, 2002, p. 314). En cuanto a pH, conductividad, sodio, potasio, calcio y magnesio es mayor en el agua de riego usada en el sistema convencional debido a la aplicación de químicos en el cultivo, los cuales sufren procesos de lixiviación generando contaminación en el agua de uso agrícola.

### 5.3. Análisis de huella de carbono

Los valores presentados en la tabla 34, son los resultados que se obtuvieron en la presente investigación, y constituyen la cantidad de emisiones por actividades realizadas en toda la fase agrícola del cultivo de rábano en sistemas agroecológicos y convencionales.

**Tabla 34.**  
*Emisiones generadas por actividad*

Productor	Emisiones de GEI por cosecha de rábano						
	Combustibles	Semillas	GEI fertilizantes (producción)	GEI fertilizantes (uso)	Encalado (producción)	Encalado (uso)	Pesticidas
AA1	< 0,001	< 0,001	0,0278	0,0160	0,0004	0,0079	< 0,001
AA2	< 0,001	< 0,001	0,0500	0,0345	< 0,001	< 0,001	< 0,001
AA3	< 0,001	< 0,001	0,0365	0,0277	< 0,001	< 0,001	< 0,001
BC1	< 0,001	< 0,001	0,0053	0,0034	< 0,001	< 0,001	0,0027
BC2	0,0015	< 0,001	0,0475	0,0376	< 0,001	< 0,001	0,0002
BC3	< 0,001	< 0,001	0,0552	0,0343	< 0,001	< 0,001	0,0006

Elaborado por: P. Robles, 2018

En la tabla 35, se presenta que para las parcelas agroecológicas AA1, AA2 y AA3 el mayor aporte en las emisiones de GEI se generan por actividades de fertilización, mientras en el caso de la parcela convencional BC1 la mayor cantidad de emisiones se genera por el combustible utilizado, por el contrario las parcelas convencionales BC2 y BC3 emiten mayores emisiones en kg CO<sub>2</sub> eq/kg rábano a causa de actividades de fertilización química empleada en el cultivo, esto se produce en vista de la composición de N, P y K presente en abonos de origen orgánico como el bocashi y biol (ver anexo 17) y de origen químico como el 103010, 151515, 18460, nitrofoska azul y agrostemin, que son aplicados al suelo destinado a la producción de rábano, alterando las condiciones del mismo, lo que produce que los procesos de nitrificación y desnitrificación formen mayores

cantidades de óxido nitroso que es un gas de efecto de invernadero (Vallejo, Vallejo, Nájera, & Garnier, 2017, p. 13).

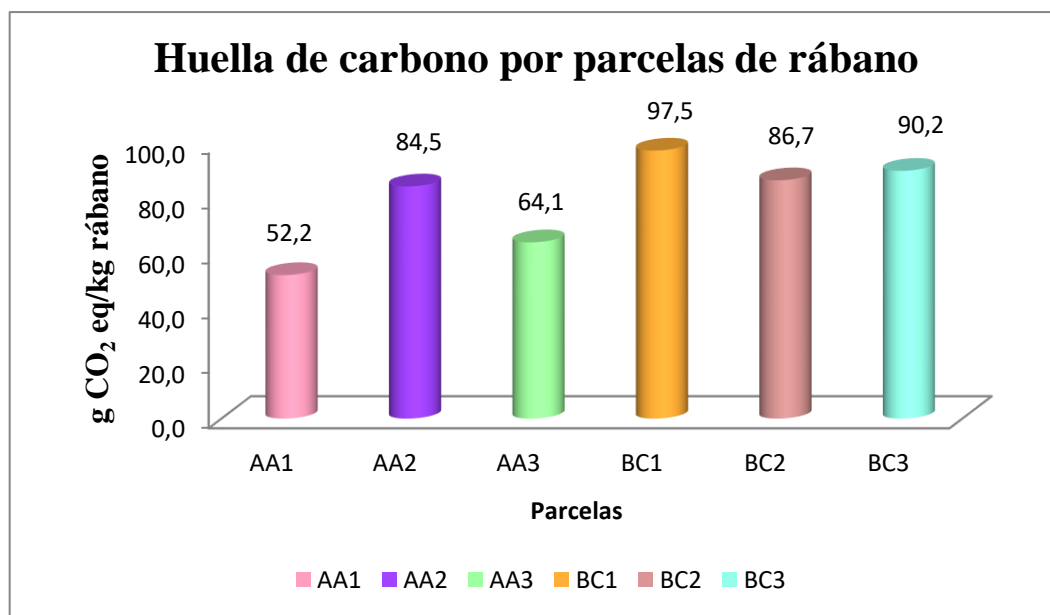
En base a los parámetros presentados en la tabla 34, se calcula la huella de carbono para cada una de las parcelas de rábano. Resultados que se exponen en la tabla 35, en la cual se observa la cantidad de CO<sub>2</sub> eq emitido por la unidad funcional que es 1 kg de producto de rábano.

**Tabla 35.**  
*Huella de carbono de cada parcela*

Emisiones de GEI por cosecha de rábano		
Parcelas	kg de CO <sub>2</sub> eq / kg de rábano	g de CO <sub>2</sub> eq / kg de rábano
AA1	0,052	52,2
AA2	0,084	84,5
AA3	0,064	64,1
BC1	0,098	97,5
BC2	0,087	86,7
BC3	0,090	90,2

Elaborado por: P. Robles, 2018

La figura 7 es la representación gráfica de los valores expuestos en la tabla 35 y muestra que las parcelas de rábano agroecológicas AA1, AA2 y AA3, emiten correspondientemente 52,2 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano, 84,5 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano y 64,1 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano, mientras las parcelas convencionales BC1, BC2 y BC3 generan 97,5; 86,7 y 90,2 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano respectivamente.



**Figura 7.** Huella de carbono de cada parcela de rábano

Elaborado por: P. Robles, 2018

Se señala en la tabla 36, que la cantidad de emisiones de los cultivos de rábano del sistema convencional excede a las emisiones de los cultivos de rábano del sistema agroecológico en 24,5 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano, observándose que no existe una diferencia marcada entre los dos sistemas, esto se genera ya que el cultivo de rábano no necesita de muchos cuidados, pero si de una fertilización adecuada, considerándose en compuestos químicos un abonado con relación en N, P y K de 1:1.5:1 (Nasevilla, 2010, pp. 8, 18), actividad en la que se tiene en cuenta que el cultivo de rábano es corto por lo cual en todo el ciclo agrícola se realiza una sola aplicación de abono, cabe mencionar, que el sistema convencional en la parcela BC1 emplea gasolina en la maquinaria utilizada para fumigar el cultivo, mientras en la parcela BC2 utiliza combustible diésel puesto que hace uso de un tractor para arar el terreno destinado a la producción.



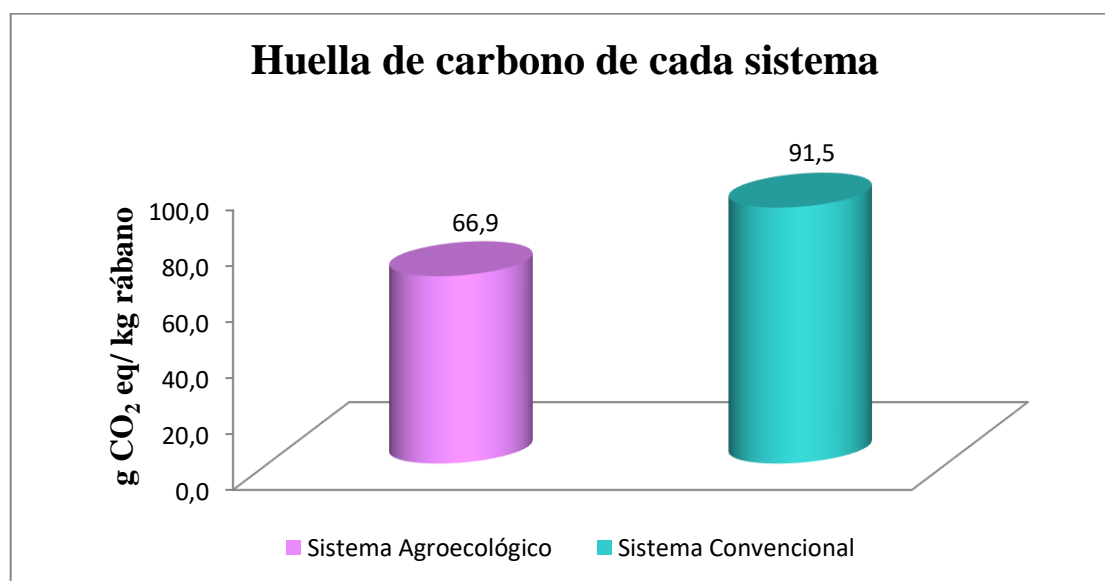
**Tabla 36.**

*Promedio de CO<sub>2</sub> eq por kilogramo de rábano en los dos sistemas agroalimentarios*

Sistema	kg de CO <sub>2</sub> eq por kg de rábano	g de CO <sub>2</sub> eq por kg de rábano
Sistema Agroecológico	0,067	66,9
Sistema Convencional	0,091	91,5

Elaborado por: P. Robles, 2018

En la figura 8, se muestra que el promedio de la huella de carbono en el sistema agroecológico es igual a 66,9 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano, mientras en el sistema convencional es equivalente a 91,5 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano, resultados que se obtuvieron a través de entrevistas y encuestas realizadas a cada agricultor sobre las actividades que realiza en las parcelas destinadas al cultivo de rábano y el tipo y cantidad de insumos orgánicos y químicos que emplean en este tipo de cultivo.



**Figura 8.** Huella de carbono de los sistemas agroalimentarios

Elaborado por: P. Robles, 2018

Como se observa en la tabla 37, el valor de la huella de carbono del cultivo de rábano en Holanda es de 320 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano, dista en gran medida para el valor calculado de 66,9 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano para sistemas agroecológicos y 91,5 g de CO<sub>2</sub> eq/kg

de rábano para sistemas convencionales en el cantón Cayambe en Ecuador, lo cual se produce por los factores de emisión utilizados para los cálculos, debido a que en Ecuador no se cuenta con datos específicos de factores de emisión para realizar este tipo de análisis, motivo por el que el estudio utilizó el Nivel 1 de las directrices del IPCC del año 2006, que se explica en la sección de metodología, mientras que los países europeos cuentan con factores de emisión definidos.

**Tabla 37.**

*Comparación huella de carbono referencial con sistemas investigados*

Sector	Huella de carbono			Fuente
	kg de CO <sub>2</sub> eq /kg de rábano	g de CO <sub>2</sub> eq / kg de rábano	Intervalo de tiempo (años)	
Holanda Meridional	0,32	320	100	(Schieß, 2012, p. 1)
Sistemas investigados dentro del cantón Cayambe	Agroecológico 0,067	66,9	100	(P. Robles, 2018)
	Convencional 0,091	91,5	100	

Elaborado por: P. Robles, 2018

#### 5.4. Análisis de huella hídrica

La tabla 38, muestra la información utilizada para calcular el factor de respuesta del rendimiento y expone los valores ingresados en el software CROPWAT 8.0 dentro del parámetro cultivo, que junto a los parámetros de clima, precipitación y suelo, permiten la obtención del requerimiento de agua necesario para el cultivo rábano (Ver anexo 15), en este tipo de cultivo se recomienda el riego por aspersión para evitar problemas de exceso o ausencia de agua, recurso que principalmente afecta a la raíz de la planta (Zona de cultivo, 2007, citado en Torrez, 2011, p. 2).

**Tabla 38.***Parámetros utilizados para el cálculo de huella azul y verde en Cropwat*

Productor	<b>Etapas inicial</b>	<b>Etapas media</b>	<b>Etapas final</b>	Número de rábanos	Peso de cada rábano (kg)	Período vegetativo (días)
	<b>Profundidad radicular (m)</b>	<b>Altura del tallo (m)</b>	<b>Profundidad radicular (m)</b>			
AA1	0,020	0,12	0,10	1750	0,085	34
AA2	0,010	0,20	0,11	1640	0,099	28
AA3	0,015	0,15	0,10	1850	0,10	35
BC1	0,030	0,22	0,13	4000	0,077	35
BC2	0,063	0,21	0,16	2340	0,113	45
BC3	0,030	0,17	0,12	463	0,062	45

Elaborado por: P. Robles, 2018

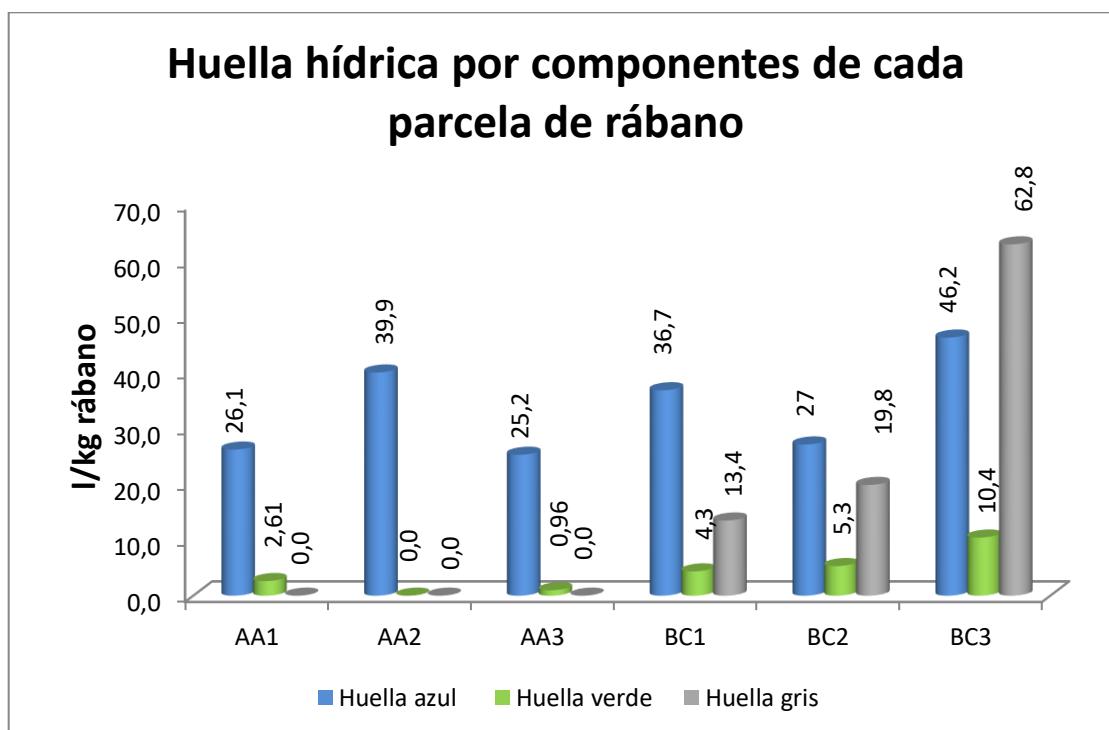
En la tabla 39, se muestra la cantidad de agua utilizada por el cultivo de rábano, en la cual se identifica el importe de agua procedente de fuentes naturales, la proporción de agua lluvia incorporada en el cultivo y la cantidad de agua contaminada por la disolución de compuestos inorgánicos, además se considera que el riego es imprescindible para la obtención de buenos productos de rábano, debido a que a través del recurso agua los nutrientes se trasladan hacia las raíces (Sierra, Simone, & Treadwell, 2007, p. 2), aspecto por el cual la fase de germinación es la etapa en la que mayor cantidad de agua se necesita.

**Tabla 39.***Componentes de la huella hídrica por parcela*

<b>Parcelas</b>	<b>Huella azul (l/kg )</b>	<b>Huella verde (l/kg )</b>	<b>Huella gris (l/kg )</b>	<b>Huella azul y verde (l/kg )</b>	<b>Total huellas (l/kg )</b>	<b>Rendimiento del cultivo (kg rábanos/m<sup>2</sup>)</b>
AA1	26,1	2,61	< 0,001	28,7	28,7	3,40
AA2	39,9	< 0,001	< 0,001	39,9	39,9	2,06
AA3	25,2	0,96	< 0,001	26,2	26,2	4,72
BC1	36,7	4,3	13,4	41,1	54,5	3,31
BC2	27,0	5,3	19,8	32,3	52,1	4,67
BC3	46,2	10,4	62,8	56,6	119	2,86

Elaborado por: P. Robles, 2018

En la tabla 39, también se evidencia que la parcela AA2 no cuenta con huella hídrica verde, esto debido a que el cultivo se encuentra dentro de un invernadero y el sistema de riego se lo realiza únicamente por goteo. Las parcelas BC1 y BC2 pertenecientes al sistema convencional requieren mayor cantidad de agua en sus cultivos de rábano, a comparación de las parcelas AA1 y AA2 pertenecientes al sistema agroecológico que requieren menor cantidad de agua en sus cultivos.



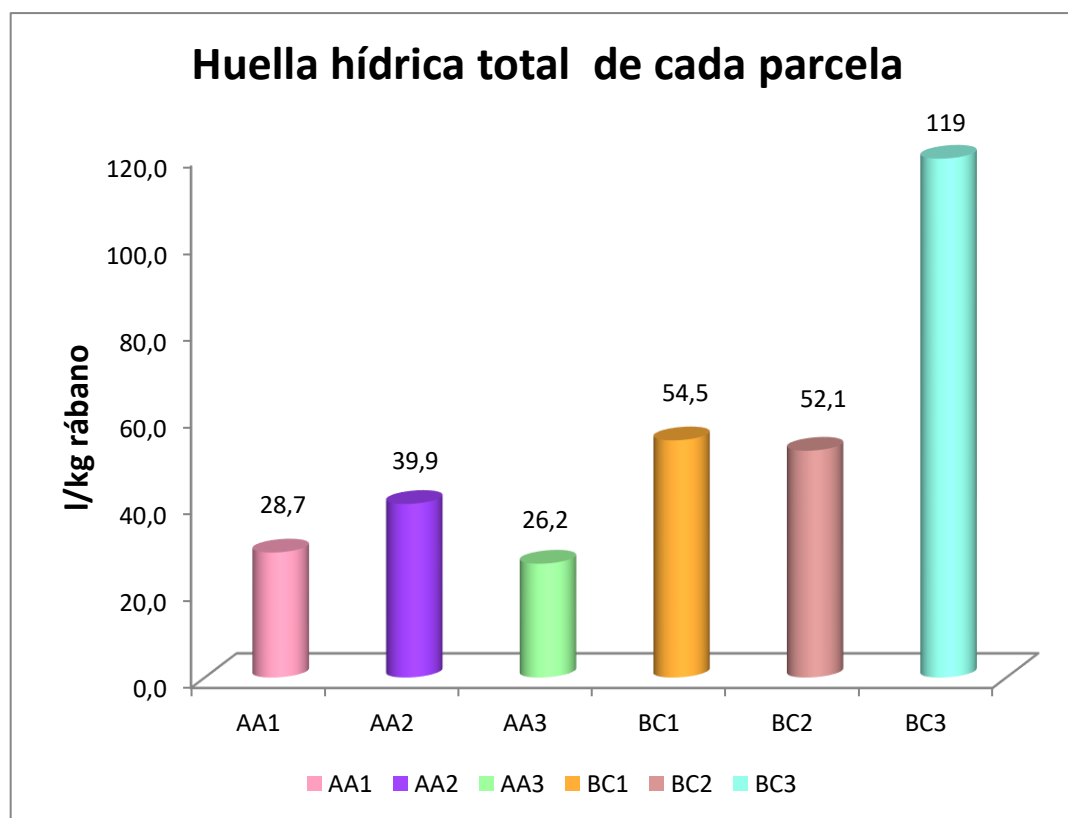
**Figura 9.** Componentes de la huella hídrica por parcela

Elaborado por: P. Robles, 2018

La figura 9 es la representación de los datos exhibidos en la tabla 39, en la cual se muestra que la parcela BC3 cuenta con una alta huella gris, esto se produce a consecuencia del uso de abonos químicos y del uso de pesticidas en el cultivo, como se ha mencionado previamente es el productor que utiliza mayor cantidad de químicos en comparación al área de siembra, y como bien se conoce para que los fertilizantes sean asimilables para la planta es necesario la utilización del recurso agua que actúe como solvente y permita que

los nutrientes lleguen a la raíces de las plantas (Sierra et al., 2007, p. 2). El método de riego que se emplea en cada uno de los sistemas es por aspersión para AA1, AA3, BC2 y BC3, por gravedad para BC1 y finalmente por goteo para AA2.

La figura 10 pone en manifiesto que la parcela AA3 cuenta con la menor huella hídrica, además según la tabla 39, tiene mayor rendimiento del cultivo en comparación con las otras parcelas analizadas y el periodo de cultivo de la variedad de rábano sembrada en esta parcela se encuentra en 35 días, en un periodo vegetativo similar se encuentran AA1, AA2 y BC1, en los cuales se observa que los resultados de huella hídrica son mayores comparándolos con el valor de AA3, esto debido a la extensión de las parcelas.



**Figura 10.** Huella hídrica por parcela

Elaborado por: P. Robles, 2018

En la tabla 40, se proyecta el promedio de la huella hídrica por componentes que posee cada uno de los sistemas estudiados, en la misma se evidencia que el sistema agroecológico contiene menor huella verde en comparación al sistema convencional, particularidad que se produce por el periodo de siembra y análisis del cultivo de rábano en cada una de las parcelas estudiadas, puesto que en las parcelas agroecológicas la siembra del cultivo se la realizó en el mes de julio extendiéndose hasta el mes de agosto, discrepando con el tiempo de siembra y análisis en el cultivo de rábano convencional el cual se lo realizó durante los meses de octubre y noviembre de 2018, la estacionalidad de siembra del cultivo tiene relación directa con las precipitaciones recibidas en la parcela, ya que en los meses de julio y agosto, en la estación ubicada en Ascázubi se cuenta con un promedio de 7,60 mm y 3,60 mm de precipitación, en la estación ubicada en Cangahua se cuenta con un valor promedio de 31,5 mm y 21,8 mm y en la estación ubicada en Olmedo se cuenta con 18,3 mm y 18,2 mm respectivamente.

**Tabla 40.**  
*Huella azul, verde y gris de cada sistema*

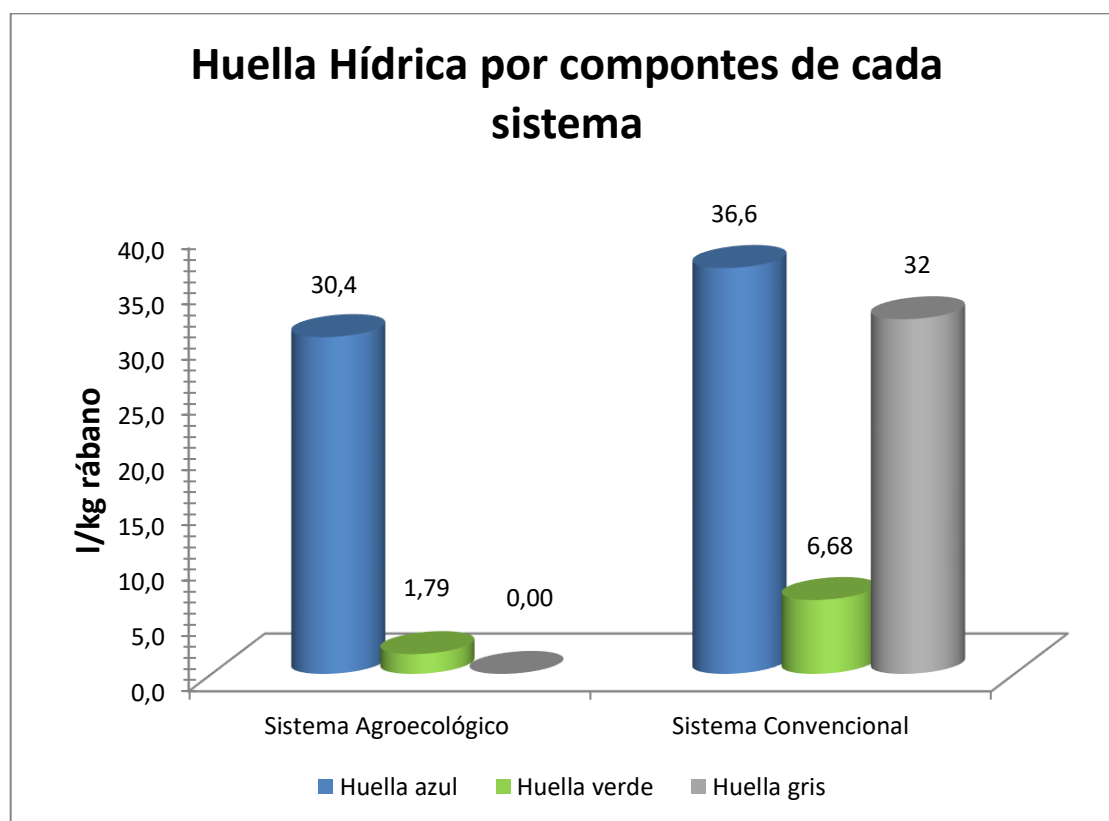
<b>Sistema</b>	<b>Huella azul (l/kg de rábano)</b>	<b>Huella verde (l/kg de rábano)</b>	<b>Huella gris (l/kg de rábano)</b>	<b>Huella hídrica total (l/kg rábano)</b>
Agroecológico	30,4	1,79	< 0,001	32,2
Convencional	36,6	6,68	32	75,4

Elaborado por: P. Robles, 2018

Mientras que en los meses de octubre y noviembre las parcelas recibieron mayor cantidad de precipitaciones pues el mes de octubre tiene un promedio de 38,1 mm en la estación de Ascázubi, 41,7 mm la estación de Cangahua, 32 mm en la estación de Olmedo y en el mes de noviembre 32,4 mm en la estación de Ascázubi, 48,50 mm en la estación de Cangahua y 59,8 mm en la estación de Olmedo, datos promedio de precipitación de 4

años desde el año 2015 hasta el 2018, característica que sustenta la cantidad de agua lluvia recibida en cada uno de los cultivos de rábano para las seis parcelas.

La figura 11, presenta para cada sistema el promedio de agua utilizada para la irrigación, el agua lluvia recibida y la cantidad de agua que ha sido contaminada a causa de químicos incorporados al cultivo de rábano.

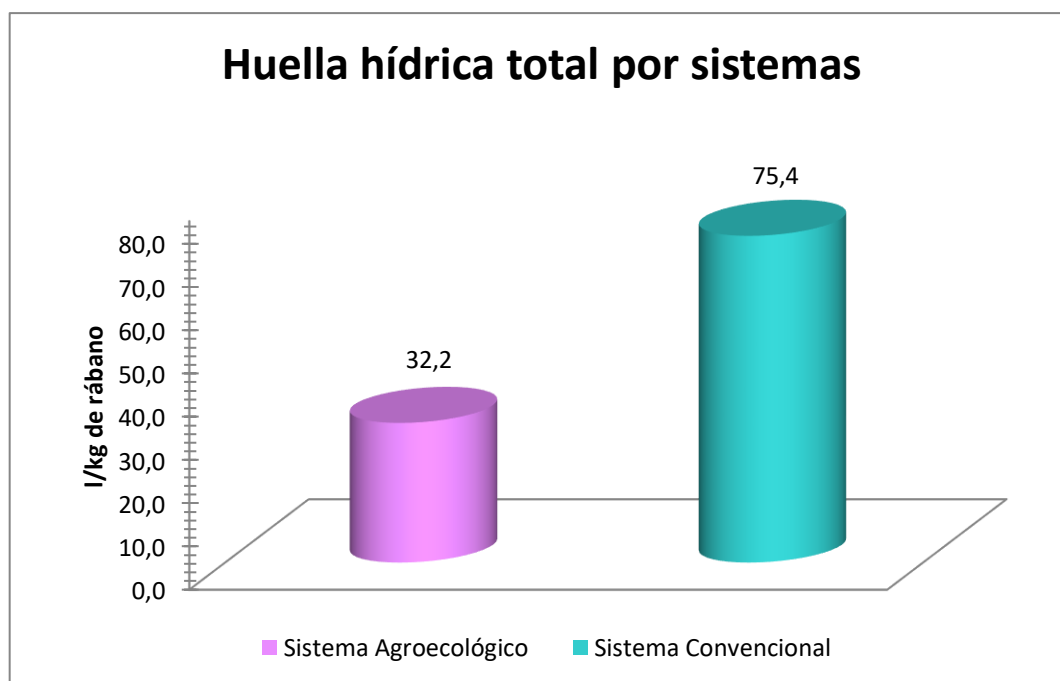


**Figura 11.** Comparación huella azul, verde, gris del sistema agroecológico y convencional

Elaborado por: P. Robles, 2018

La figura 12, revela a nivel general la huella hídrica para el sistema agroecológico y el sistema convencional, en la cual se identifica que la huella hídrica total de las parcelas de rábano convencionales es 57,29 % mayor a la huella hídrica total de las parcelas de rábano agroecológicas, esto a causa de la utilización de insumos químicos, pues el uso de los mismos incrementa la huella total a través de la huella gris, que es aquella agua

destinada para disolver los compuestos a ser aplicados en la parcela, lo cual causa contaminación de agua, especialmente de aguas subterráneas e influyen en la conductividad presente en el suelo y en el agua de las parcelas en las cuales se cultiva el rábano.



**Figura 12.** Huella hídrica del sistema agroecológico y convencional

Elaborado por: P. Robles, 2018

Como se observa en la tabla 41, el valor de huella hídrica azul, verde, gris y total a nivel mundial es de 348; 15; 22 y 385 l/kg de rábano respectivamente, a nivel nacional es de 781; 348; < 0,001 y 1 129 l/kg rábano, a nivel de Pichincha es de 873; 271; no se conoce, y 1 144 l/kg rábano, difiere en gran medida para el valor calculado de 30,4; 1,79; < 0,001 y 32,2 l/kg rábano para sistemas agroecológicos y 36,6; 6,68; 32 y 75,4 l/kg rábano para sistemas convencionales en el cantón Cayambe en Ecuador, lo cual se produce por las condiciones de suelo, estacionalidad, clima, peso y tamaño del rábano, al rendimiento productivo, a la variedad y al número de días del periodo vegetativo.

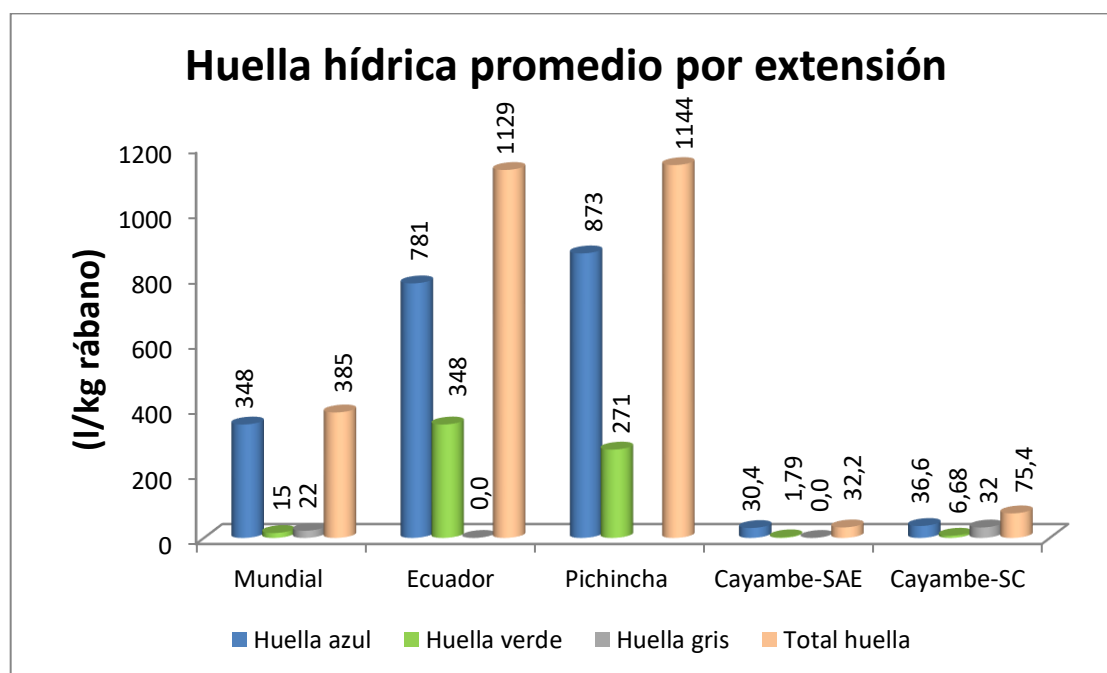


**Tabla 41.***Comparación de huella hídrica referencial con sistemas investigados*

Huella hídrica promedio por extensión		Azul	Verde	Gris	Total	Fuente
Mundial (l/kg rábano)		348	15	22	385	(Mekonnen & Hoekstra, 2010, pp. 3, 195)
Ecuador (l/kg rábano)		781	348	< 0,001	1 129	
Pichincha (l/kg rábano)		873	271	-	1 144	
Sistemas analizados dentro del cantón	Agroecológico (l/kg rábano)	30,4	1,79	< 0,001	32,2	(P. Robles, 2018)
	Convencional (l/kg rábano)	36,6	6,68	32	75,4	

Elaborado por: P. Robles, 2018

En la figura 13, se muestran los valores promedio de cada componente de la huella hídrica, más la huella total hídrica a nivel mundial, nacional, provincial y a nivel de los sistemas analizados en el cantón Cayambe.

**Figura 13.** Huella hídrica promedio por componentes y total de cada nivel

Elaborado por: P. Robles, 2018

## 5.5. Resultados prueba t de student

### 5.5.1. Huella de carbono.

En la tabla 42, se muestra los resultados obtenidos a través del programa Excel, haciendo uso de la opción análisis de datos para un nivel de significancia de 5 % para pruebas t, en la cual se identifica que el valor  $p$  de una cola es igual a .035 y el valor de la prueba t es igual a -2,47; lo cual expresa que el valor  $p$  es menor a .05, de tal forma con un 95 % de nivel de confianza se acepta la hipótesis alternativa, es decir se rechaza la hipótesis nula, lo cual indica que la huella de carbono del sistema agroecológico es menor a la huella de carbono del sistema convencional.

**Tabla 42.**

*Prueba estadística t en dos muestras de varianzas iguales en HC*

	<i>SAE</i>	<i>SC</i>
Media	66,9	91,5
Desviación estándar	16,3	5,52
Observaciones	3	3
Mínimo	52,2	86,7
Máximo	84,5	97,5
Varianza	266	30,4
Coefficiente de variación (%)	24,4	6,02
Varianza agrupada	148	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	.050	
Prueba t	-2,47	
Valor $P(T \leq t)$ para una cola	0,035	
Valor crítico de t para una cola	2,13	
Valor $P(T \leq t)$ para dos colas	0,069	
Valor crítico de t para dos colas	2,78	

Programa utilizado Excel. Fuente: (Excel, 2010)

### 5.5.2. Huella hídrica.

En la tabla 43, se observa los resultados que se obtuvieron a través del programa Excel haciendo uso de la opción análisis de datos, para pruebas t, en la cual dada la muestra de huella hídrica agroecológica de 3 observaciones con un promedio de 31,6 y una desviación estándar de 7,31 y una segunda muestra que corresponde a la huella hídrica convencional de 3 observaciones con un promedio de 75,4 y una desviación estándar de 38,2; el valor t calculado es igual a -1,95 y el valor  $p$  obtenido para una cola es de .94, es decir  $p$  es mayor a .05, en consecuencia se acepta la hipótesis nula con un 95 % de nivel de confianza, es decir el indicador huella hídrica del sistema agroecológico es menor o igual al indicador huella hídrica del sistema convencional.

**Tabla 43.**

*Prueba t para dos muestras de varianzas iguales en huella hídrica*

	<i>SAE</i>	<i>SC</i>
Media	31,6	75,4
Desviación estándar	7,31	38,2
Observaciones	3	3
Mínimo	26,2	52,1
Máximo	39,9	119
Varianza	53,4	1 456
Coefficiente de variación (%)	23,08	50,47
Varianza agrupada	755	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	.050	
Prueba t	-1,95	
Valor $P(T \leq t)$ para una cola	0,061	
Valor $P(T \geq t)$ para una cola	0,94	
Valor crítico de t para una cola	2,13	
Valor $P(T \leq t)$ para dos colas	0,12	
Valor crítico de t para dos colas	2,78	

Programa utilizado Excel. Fuente: (Excel, 2010)

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

Las emisiones generadas por la producción de rábano en el sistema agroecológico durante la fase agrícola, se producen especialmente por el proceso de abonado del cultivo el cual representa el 95,9 % del total de las emisiones ocasionadas por este sistema, mientras que los mayores impactos generados en el sistema agroalimentario convencional se producen durante los procesos de preparación del terreno con 31,9 % debido al uso de maquinaria, abonado del cultivo para el crecimiento con 66,8 % y en el control fitosanitario con 1,28 % del total de las emisiones producidas por este sistema en el cantón Cayambe.

En la fase agrícola la cantidad de CO<sub>2</sub> eq emitida hacia la atmosfera en el sistema agroecológico es de 66,9 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano, versus 91,5 g CO<sub>2</sub> eq/kg rábano emitido por el sistema convencional, cuantificaciones que no son elevadas debido a que en las parcelas analizadas únicamente se colocaba una sola ronda de abono en el cultivo y no en gran cantidad debido a la sensibilidad que tienen el rábano, a pesar que el mismo para desarrollarse adecuadamente necesita de suelos bien abonados, además la huella de carbono en los dos sistemas no tiene gran representación numérica dado que no se cuenta con un factor de emisión de las semillas de rábano.

A través de la cuantificación del indicador huella de carbono se identificó que el valor de la huella y el rendimiento del cultivo para un área delimitada se ven afectados por el peso y el número de rábanos cosechados, puesto que a mayor número de rábanos cosechos y a mayor peso del rábano en esta misma área delimitada, se cuenta con mayor rendimiento y menor huella de carbono.

La cantidad de agua requerida en litros para la fase agrícola del cultivo rábano en el sistema agroalimentario convencional es de 75,4 l/kg rábano, y en el sistema agroecológico es de 32,2 l/kg rábano, evidenciando una diferencia entre los dos cultivos a causa de la utilización de insumos químicos en el sistema convencional, pues para la aplicación de estos productos es necesario diluirlos en agua, práctica que ocasiona la contaminación del agua utilizada y de fuentes cercanas.

La cuantificación de la huella hídrica de cantidad, que es la huella azul y verde es mayor en el sistema convencional debido al parámetro periodo vegetativo y número de rábanos cosechados, ya que la cantidad de rábanos cosechados y periodo vegetativo del cultivo de rábano en este sistema es mayor al sistema agroecológico, lo que quiere decir que el producto requirió mayor cantidad de agua para su desarrollo.

Por medio de la medición del indicador huella hídrica se determinó que el valor de la huella se ve afectada por el periodo vegetativo del producto, dado que, a mayor ciclo vegetativo, mayor es la huella hídrica, en el caso del rábano como el ciclo es corto la huella hídrica es menor comparada con productos de ciclo más largo.

Las parcelas analizadas en el presente estudio no son de gran extensión, debido a que el rábano no es un producto prioritario en la producción agrícola del Ecuador por los pocos cuidados que este necesita dado que no presenta en gran medida problemas fitosanitarios y también porque es un producto que se consume localmente.

El sistema agroecológico es más positivo y eficiente tanto en el ámbito social, económico y ambiental que el sistema convencional, teniendo en cuenta los cuidados que en este se realizan lo cual favorece a que el producto se obtenga en un periodo menor y

con un peso más elevado que en el sistema convencional, socialmente beneficia a los agricultores al formar parte de asociaciones que frecuentemente evalúan el sistema y brindan capacitaciones que permitan corregir técnicas aplicadas en los cultivos por parte del agricultor, económicamente también se lo considera superior puesto que no necesita realizar gastos en insumos dado que ellos mismos los elaboran en base a los residuos obtenidos en sus terrenos, ambientalmente es mejor ya que evita la utilización de químicos que provocan contaminación del recurso agua, suelo y en el producto mismo. Por lo anteriormente mencionado se determina que el sistema agroecológico es mejor porque cuida la salud de los consumidores y al mismo tiempo la de los productores al no estar expuestos a sustancias químicas que son las causantes de enfermedades.

## **6.2.Recomendaciones**

Se recomienda continuar con la cuantificación de la huella de carbono del rábano en sus fases consecuentes, valoración que permita establecer la huella de carbono de todo el ciclo de vida de esta hortaliza.

Se sugiere ejecutar el análisis de huella hídrica en la misma estacionalidad, para que la comparación tenga mayor relevancia.

Se recomienda realizar análisis de respiración del suelo, que permita determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por el suelo, en el cual se desarrolla el cultivo de rábano, información que puede ser incorporada en el cálculo de la huella de carbono de este producto.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, R., & Sepulveda, S. (2001). Eco-etiquetado: Un Instrumento para Diferenciar Productos e Incentivar la Competitividad. *IICA, 17*(Comercio-Ambiente), 1–65. Recuperado de [http://www.iica.int/Esp/regiones/central/honduras/Publicaciones IICA/Competitividad y Agronegocios/Eco-etiquetado\\_Un\\_instrumento\\_para\\_diferenciar\\_productos\\_e\\_incentivar\\_la\\_competitividad.pdf](http://www.iica.int/Esp/regiones/central/honduras/Publicaciones/IICA/Competitividad y Agronegocios/Eco-etiquetado_Un_instrumento_para_diferenciar_productos_e_incentivar_la_competitividad.pdf)
- Allen G., R., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje. *FAO :Estudios FAO Riego y Drenaje 56*, 297. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>
- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En S. Sarandón (Ed.), *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 49–56). Ediciones Científicas Americanas. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/324896530\\_Sarandon\\_SJ\\_2002\\_AGROECOLOGIA\\_El\\_camino\\_hacia\\_una\\_agricultura\\_sustentable\\_Editor\\_Ediciones\\_Cientificas\\_Americanas\\_La\\_Plata\\_560\\_pgs\\_ISBN987-9486-03-X](https://www.researchgate.net/publication/324896530_Sarandon_SJ_2002_AGROECOLOGIA_El_camino_hacia_una_agricultura_sustentable_Editor_Ediciones_Cientificas_Americanas_La_Plata_560_pgs_ISBN987-9486-03-X)
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2012, diciembre 1). Agroecología : Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecologica, *7*(2), 65–83. Recuperado de <https://revistas.um.es/agroecologia/issue/view/12361>
- Alvarez, A., Morábito, J., & Schilardi, C. (2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, *48*(1), 161–177. Recuperado de [http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=382:2016-06-23-13-54-44&catid=22:2016-06-23-12-40-55&Itemid=30](http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=382:2016-06-23-13-54-44&catid=22:2016-06-23-12-40-55&Itemid=30)
- Andrades, M., & Martinez, M. E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Material didáctico. Agricultura y alimentación* (tercera ed). España.

Recuperado de

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=267902&info=resumen&idioma=SPA>

Aranda, A., & Zabalza, I. (2010). *Ecodiseño y Análisis de Ciclo de Vida* (Primera ed).

Zaragoza, España: Prensas de la Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=xFQgktQ6S8EC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Araújo, J. (2013). *Cultivar encuentros con la tierra*. (Mundi-Prensa Libros, Ed.)

(Primera ed). Madrid, España: Ediciones Nobel, S.A. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=a\\_hRAgAAQBAJ&pg=PA6&lpg=PA6&dq=Cultivar+encuentros+con+la+tierra+978-84-8476-556-1&source=bl&ots=zePoWCq3bG&sig=lCEtHBmWZQROG2SyTTedscg5yWk&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj28fqapqLfAhUPxVkKHdRrBTYQ6AEwBnoECACQAQ#v=onepage&q](https://books.google.com.ec/books?id=a_hRAgAAQBAJ&pg=PA6&lpg=PA6&dq=Cultivar+encuentros+con+la+tierra+978-84-8476-556-1&source=bl&ots=zePoWCq3bG&sig=lCEtHBmWZQROG2SyTTedscg5yWk&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj28fqapqLfAhUPxVkKHdRrBTYQ6AEwBnoECACQAQ#v=onepage&q)

Arévalo, G., & Castellano, M. (2009). *Manual Fertilizantes y Enmiendas. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central*. Honduras.

Recuperado de [https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo\\_6\\_Manual\\_Fertilizantes\\_y\\_Enmiendas..pdf](https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_6_Manual_Fertilizantes_y_Enmiendas..pdf)

Avilés, H. (2006). El valor del agua en la agricultura. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida - Universidad Politécnica Salesiana Ecuador*, (5), 28–31. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047389006>

Ayers, R., & Westcot, D. (1985). *Salinity problems, Toxity problems. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. USA.

Recuperado de [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/tmdl/records/state\\_board/1985/ref2648.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/tmdl/records/state_board/1985/ref2648.pdf)



- Banco Mundial. (2018a). Emisiones de CO<sub>2</sub> (kt) Ecuador. Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?locations=EC>
- Banco Mundial. (2018b, noviembre 14). Emisiones de CO<sub>2</sub> (kt) Mundo. Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT>
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (s. f.). *Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas*. INTA. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_importancia\\_del\\_ph\\_y\\_la\\_conductividad\\_elctrica.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf)
- Barioglio, C. (2006). *Diccionario de las ciencias agropecuarias* (Primera ed). Córdoba, Argentina: Editorial Brujas. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=xzLQnBU6DOkC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=987-23022-4-3&source=bl&ots=Kfm0EgWJ6c&sig=\\_ZyI\\_YuhWHXzzz-74GsTRU23v3c&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwii4\\_Xx5aLfAhVSq1kKHWSkCw0Q6AEwAXoECAoQAQ#v=onepage&q=987-23022-4-3&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=xzLQnBU6DOkC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=987-23022-4-3&source=bl&ots=Kfm0EgWJ6c&sig=_ZyI_YuhWHXzzz-74GsTRU23v3c&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwii4_Xx5aLfAhVSq1kKHWSkCw0Q6AEwAXoECAoQAQ#v=onepage&q=987-23022-4-3&f=false)
- Bastante, M. J., Capuz, S., Viñole, R., & Pacheco, B. (2011). Mercadeo verde, ecoetiquetado y compra responsable. *Anales de la Universidad Metropolitana*, 11(2), 15–35. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3758011>
- Bello, A., Jordá, C., & Tello, J. C. (2010). *Agroecología y producción ecológica*. Madrid, España: CSIC - CSIC Press. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=mPB12NjnDM4C&pg=PA81&lpg=PA81&dq=¿Qué+sabemos+de?+Agroecología+y+producción+ecológica+978-84-00-09226-9&source=bl&ots=anyWiHd9s1&sig=8jmOtGO8Hk6fQ5OXR8CWO5Nt1n0&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi4zZOHLKlAhUr0FkKHa\\_ADQcQ6AEwA](https://books.google.com.ec/books?id=mPB12NjnDM4C&pg=PA81&lpg=PA81&dq=¿Qué+sabemos+de?+Agroecología+y+producción+ecológica+978-84-00-09226-9&source=bl&ots=anyWiHd9s1&sig=8jmOtGO8Hk6fQ5OXR8CWO5Nt1n0&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi4zZOHLKlAhUr0FkKHa_ADQcQ6AEwA)
- BioGrace. (s. f.). *Complete list of standard values, version 4 - Public*. Recuperado de <https://www.biograce.net/content/ghgcalculationtools/standardvalues>

- CEPAL. (2018, junio 1). Huella de carbono. Recuperado 2 de junio de 2018, de <https://biblioguias.cepal.org/huellacarbono>
- Cortes, R. (2016). *Curso sobre huella de carbono y su aplicación en cadenas agropecuarias. Módulo 1 - Introducción a la huella de carbono*. IICA. Recuperado de <http://docplayer.es/72430751-Curso-sobre-huella-de-carbono-y-su-aplicacion-en-cadenas-agropecuarias-modulo-1-introduccion-a-la-huella-de-carbono.html>
- CSR SERVICIOS. (2006). *Interpretación de análisis de aguas de riego*. Recuperado de [http://www.csrservicios.es/CONSULTORIA\\_AGRICOLA/DESCARGAS/TABLA\\_INTERPRETACION\\_AGUAS\\_DE\\_RIEGO\\_CSR.pdf](http://www.csrservicios.es/CONSULTORIA_AGRICOLA/DESCARGAS/TABLA_INTERPRETACION_AGUAS_DE_RIEGO_CSR.pdf)
- Díaz, A., Álvarez, M. J., & González, P. (2004). Diseño del proceso y análisis del ciclo de vida (ACV). En *Logística inversa y Medio ambiente* (Primera ed, pp. 163–192). España: MCGRAW-HILL/INTERAMÉRICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- Excel, M. (2010). Análisis de datos.
- FAO. (s. f.). Fichas Técnicas: productos frescos de verduras. *FAO, Prodar, IICA*, 59–61. Recuperado de <http://www.fao.org/fileadmin/templates/inpho/documents/FRES-VERDURAS.pdf>
- FAO. (2017). Competition for natural resources. En Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (Ed.), *The Future of Food and Agriculture, Trends and Challenges* (pp. 32–38). Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/854650/>
- FAOSTAT. (2017a). Ecuador: Emisiones (CO2 equivalente), Agricultura total. Recuperado 10 de junio de 2018, de <http://www.fao.org/faostat/es/#country/58>
- FAOSTAT. (2017b). World: Area harvested and Net GHG emissions from AFOLU. Recuperado 10 de junio de 2018, de [http://fenixservices.fao.org/faostat/static/documents/CountryProfile/pdf/syb\\_5000.pdf](http://fenixservices.fao.org/faostat/static/documents/CountryProfile/pdf/syb_5000.pdf)
- Fonnegra, R., & Jiménez, S. L. (2007). *Colombia, Plantas medicinales aprobadas en*

*Colombia* (Segunda ed). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.  
Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=K8eI-7ZeFpsC&pg=PR4&lpg=PR4&dq=Colombia,+Plantas+medicinales+aprobadas+en+Colombia+978-958-655-999-7&source=bl&ots=6Ev2DfqPdu&sig=PPm-MkqmCBhwAsOkIvJGkfQKew&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwirwNGgoaLfAhXKk1kKHW-RBwEQ6AEwAXoE>

Giaconi, V., & Escaff, M. (1998). *Cultivo de hortalizas* (Decimoquin). Santiago de Chile, Chile: Universitaria, S.A. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=-K9xgvfdGGYC&pg=PA251&dq=tipos+de+rabano&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjH7Mq59JTbAhVtw1kKHUTzBpYQ6AEIJjAA#v=onepage&q=tipos+de+rabano&f=false>

Gispert, C. (2009). *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*. (P. Casado & F. Romero, Eds.). Barcelona, España: Océano. Recuperado de [http://biblioteca-virtual.utmachala.edu.ec/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=3287](http://biblioteca-virtual.utmachala.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=3287)

Gliessman, S. (2002). Importancia de los Sistemas Sostenibles para la Producción de Alimentos. En *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible* (p. 359). Turrialba, Costa Rica: CATIE. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=rnqan8BOVNAC&printsec=frontcover&dq=agroecología&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiz8JGy3pTbAhVCq1kKHbW3Db0Q6AEIJjAA#v=onepage&q=agroecología&f=false>

Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural y Pluricultural del Municipio de Cayambe. (2018). *Ordenanza de Regulación del uso del espacio público para la comercialización de productos agroecológicos*. Ecuador. Recuperado de [http://municipiocayambe.gob.ec/images/ley\\_transparencia/Ordenanzas/2018/2.2018 Ordenanza de Regulacion del uso del espacio publico para la comercializacion de productos agroecologicos..PDF](http://municipiocayambe.gob.ec/images/ley_transparencia/Ordenanzas/2018/2.2018%20Ordenanza%20de%20Regulacion%20del%20uso%20del%20espacio%20publico%20para%20la%20comercializacion%20de%20productos%20agroecologicos..PDF)

González, A. D., & Kanyama, A. C. (2007). Emisiones de gases de efecto invernadero

- con alto potencial de calentamiento global: El sector agropecuario. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11, 7–14. Recuperado de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2007/2007-t001-a002.pdf>
- Guerra, M. (2012). *Cayambe: entre la agroempresa y la agrobiodiversidad. Trabajo asalariado y conservación de los sistemas productivos*. FLACSO, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=53775>
- Haya, E. (2016). Análisis de Ciclo de Vida, 43. Recuperado de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/25482/analisis-de-ciclo-de-vida>
- Heredia, O. (s. f.). *El agua de Riego: Criterios de Interpretación. Efectos sobre el suelo y la producción*. Recuperado de [https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/agua\\_riego\\_criterios\\_interpretacion.pdf](https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/agua_riego_criterios_interpretacion.pdf)
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard*. Earthscan. Recuperado de [https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual\\_2.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf)
- InfoAgronomo. (s. f.). Guía para la Interpretación de Análisis de agua para riego. Recuperado de <https://infoagronomo.net/tag/analisis-de-agua-para-riego/>
- IPCC. (2006a). Combustión Móvil. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 2, p. 78). Recuperado de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- IPCC. (2006b). Emisiones de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados y emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la aplicación de cal y urea. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 4, pp. 1–56).

Recuperado de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4\\_Volume4/V4\\_11\\_Ch11\\_N2O&CO2.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf)

IPCC. (2006c). Introduction. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 2, pp. 1–30). Recuperado de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_1\\_Ch1\\_Introduction.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf)

Kabiri, M. (2013, octubre 22). Los 6 principios básicos de la soberanía alimentaria. Recuperado de <https://viaorganica.org/los-6-principios-basicos-de-la-soberania-alimentaria/>

Liscano, L. P. (2017). *Estimación de la Huella Hídrica en cultivo de Lechuga Batavia (Lactuca sativa capitata) “CJR” en la sabana de Bogotá (Colombia)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6225/1/MenesesLiscanoLeidyPaola2017.pdf>

Martínez Alier, J., & Roca Jusmet, J. (2001). El análisis del ciclo de vida del producto y el “ecoetiquetado”. En *Economía ecológica y política ambiental* (segunda ed, pp. 279–284). México.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products - Volume 2 : Appendices* (Vol. 2). UNESCO-IHE Institute for Water Education. Recuperado de <https://waterfootprint.org/media/downloads/Report47-WaterFootprintCrops-Vol2.pdf>

Ministerio del ambiente. (2002). Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego. En *Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al recurso Agua* (pp. 311–315). Recuperado de

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Nasevilla, J. (2010). *Estudio de las características físico-químicas y nutricionales de dos ecotipos de rábano (Raphanus sativus L.)*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador, Quito. Recuperado de [repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4867/1/41717\\_1.pdf%0A](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4867/1/41717_1.pdf%0A)

Orjuela, M., & Vargas, D. (2016). *Huella Hídrica en cultivos de Lechuga y Brócoli: Estrategias para el uso eficiente del agua a partir de la estimación de huella hídrica en cultivos de Lechuga (Lactuca Sativa) y Brócoli (Brassica) para una finca de diez hectáreas en Mosquera Cundinamarca*. Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Recuperado de [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20412/41112702\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20412/41112702_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ortega, G. (2009). Agroecología vs. Agricultura Convencional. *Base Investigaciones Sociales*, 24. Recuperado de <http://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2014/03/1395155082.pdf>

PAS 2050. (2008). *Guide to PAS 2050 How to assess the. Library*. BSI British Standards. Recuperado de <http://www.fao.org/sustainable-food-value-chains/library/detalles/es/c/266040/>

Paul, H., Ernsting, A., Semino, S., Gura, S., & Lorc, A. (2009). *Agricultura y Cambio Climático: Problemas reales, soluciones falsas*. Recuperado de [http://biologia.ucr.ac.cr/profesores/Garcia Jaime/ATMOSFERA/Agricultura y Cambio Climatico completo-NOV 2009.pdf](http://biologia.ucr.ac.cr/profesores/Garcia%20Jaime/ATMOSFERA/Agricultura%20y%20Cambio%20Climatico%20completo-NOV%202009.pdf)

Pavón, A. (2003). *Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz*. Universidad de Castilla-La Mancha, España. Recuperado de [https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/bibliotecaproyectos.htm#GoteoEnMaiz](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/bibliotecaproyectos.htm#GoteoEnMaiz)

Pazmiño, I. (2007). La Investigación Científica. En *Tiempo De Investigar - Investigación Científica I* (Primera ed, pp. 31–37). Quito, Ecuador: Editorial Ecuador F.B.T.Cía.Ltda.

- Pengue, W. (2005). La artificialización de la agricultura en la Región. De «revolución en revolución». En *Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina: ¿la transgénesis de un continente?* (Primera ed, p. 224). Buenos Aires, Argentina: PNUMA-GEPAMA. Recuperado de [aao.org.br/aao/.../agricultura-industrial-y-transnacionalizacion-en-america-latina.pdf](http://aao.org.br/aao/.../agricultura-industrial-y-transnacionalizacion-en-america-latina.pdf)
- Pinochet, A. R. (2006, diciembre 13). La Agricultura y Microorganismos. Recuperado de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/la-agricultura-y-microorganismos-t26746.htm>
- Röös, E. (2013). *Analysing the carbon footprint of food. Insights for consumer communication. Dept. of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Suecia. Recuperado de [https://pub.epsilon.slu.se/10757/1/roos\\_e\\_130821.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/10757/1/roos_e_130821.pdf)
- Sanchez, I., Cabrera, J., Medina, F., Ortiz, J., Gordillo, S., & Perdomo, D. (2017). Software para el cálculo de la huella ambiental en la producción de cacao. En V. Villarreal (Ed.), *IV Congreso Internacional AmITIC 2017, Popayán, Colombia* (pp. 173–179). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10807.01441>
- Sánchez, R. (2015). t-Student. Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología*, 26(1), 59–61. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-21982015000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982015000100009)
- Saynes, V., Etchevers, J., Paz, F., & Alvarado, L. (2016). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agrícolas de México. (M. Fuentes, Ed.), *Terra Latinoamericana*, 34(1), 83–96. Recuperado de <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/78>
- Schieß, H. (2012). *Niederlande : Erster Gartenbaubetrieb erhält „ CO 2 - Fußabdruck “ - Zertifikat*. Deutschland. Recuperado de <https://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/Hortigate.woa/vb/bericht?nr=51856%0A>

- Sedal. (2018). *Sistemas Participativos de Garantía*.
- Sierra, A., Simone, E., & Treadwell, D. (2007). *Principios para el manejo de nutrientes en la producción de plantas*. Recuperado de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS35600.pdf>
- Torrez, M. (2011). *Evaluación del cultivo de rábano (Raphanus sativus L) variedad Crimson Giant utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes “Kc” y “Ky”, bajo riego. Finca Las Mercedes, Managua, 2009*. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/2150/1/tnf01t693.pdf>
- Tovar, J. G. M. (s. f.). Distribución “T” de Student. Recuperado de <https://estadisticaeninvestigacion.wordpress.com/distribucion-t-de-student/>
- Ulloa, J. (2015). *Valoración de tres tipos de bioles en la producción de rábano (Raphanus sativus)*. Piura, Perú. Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2611/MAS\\_GAA\\_025.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2611/MAS_GAA_025.pdf?sequence=1)
- USDA. (s. f.). Soil Texture Calculator. Recuperado de [https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2\\_054167](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167)
- Vallejo, A., Vallejo, M. Á., Nájera, J., & Garnier, L. A. (2017). Calculando la huella de carbono de mi organización. En *Guía metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera* (pp. 6–23). San José, Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I8333ES/i8333es.pdf>
- Vargas, N. (2018). *Determinación de la toxicidad en suelos contaminados por hidrocarburos mediante bioensayos con semillas de lechuga (Lactuca sativa L.), cebolla (Allium cepa L.) y rabanito (Raphanus sativus L.)*. Universidad Nacional Agraria de la selva, Tingo María, Perú. Recuperado de [https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academic](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academic)

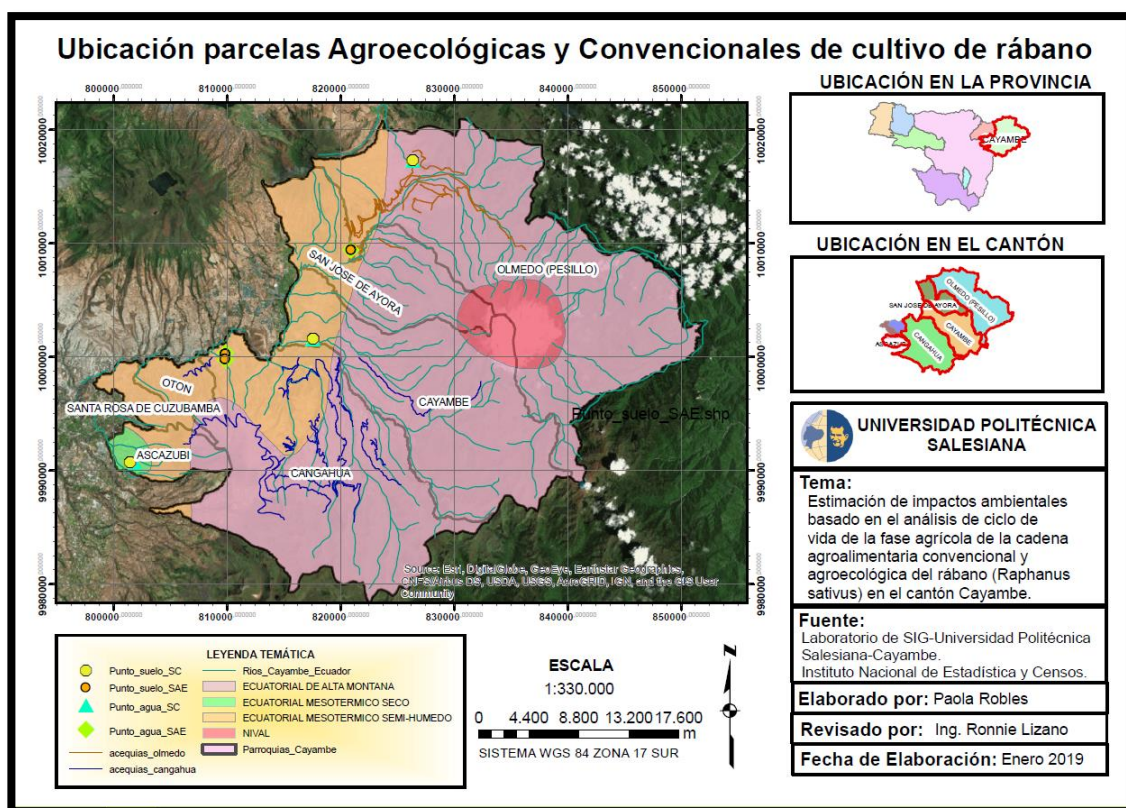


as/prácticas pre profesionales.pdf

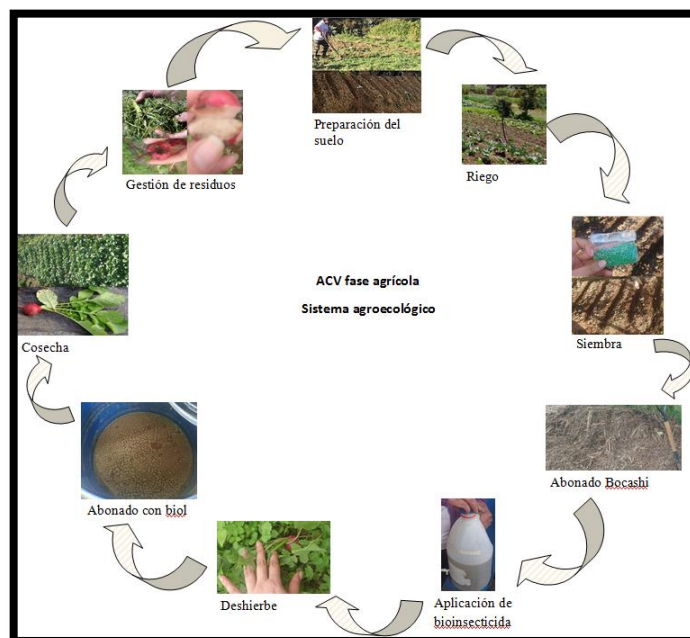
- Viglizzo, E. (2010). *Huella de Carbono, Ambiente y Agricultura en el Cono Sur de Sudamérica* (Primera ed). Montevideo, Uruguay: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/314465233\\_Huella\\_de\\_Carbono\\_Ambiente\\_y\\_Agricultura\\_en\\_el\\_Cono\\_Sur\\_de\\_Sudamerica](https://www.researchgate.net/publication/314465233_Huella_de_Carbono_Ambiente_y_Agricultura_en_el_Cono_Sur_de_Sudamerica)
- Vizuite, E. D. V. (2015). “*Evaluación de la vinaza de caña como abono orgánico y su posible efecto tóxico en el cultivo de rábano ( Raphanus Sativus)*”. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6428/1/T-UCE-0008-087.pdf>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). Distribuciones de muestreo fundamentales y descripciones de datos. En *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (novena edi, pp. 225–263). México: PEARSON EDUCACIÓN.

## 8. ANEXOS

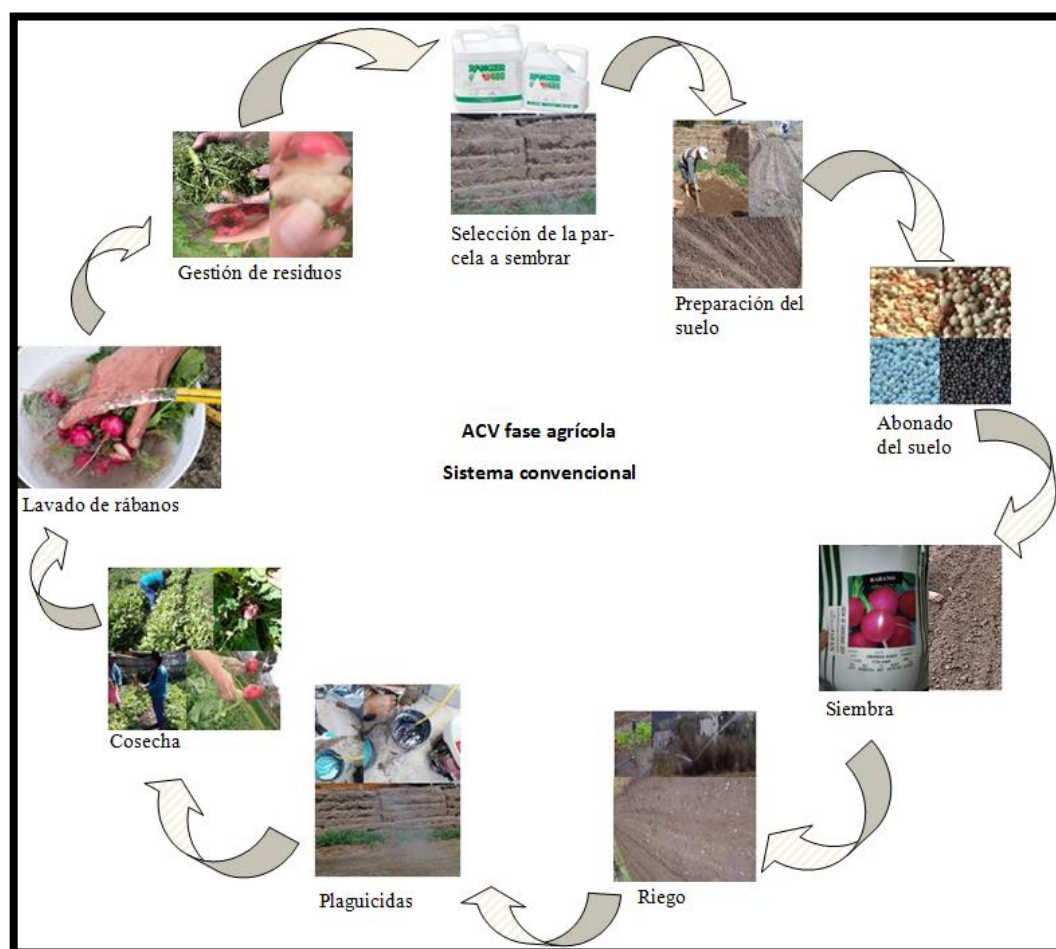
### Anexo 1. Ubicación de las parcelas de estudio



### Anexo 2. ACV de la fase agrícola del Sistema Agroecológico



### Anexo 3. ACV de la fase agrícola del Sistema Convencional



### Anexo 4. Toma de muestras de suelo





**Anexo 5.** Toma de muestra de agua



**Anexo 6.** Toma de muestra de producto



**Anexo 7.** Toma de peso del producto rábano



**Anexo 8.** Toma de medidas en la fase inicial y final de los rábanos



**Anexo 9.** Aplicación de químicos al terreno





# Anexo 10. Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas

Datos Meteorológicos de la Universidad Politécnica Salesiana- Cayambe								
Estación meteorológica	Estación Ascázubi					Código	EM-UPS-1	
Parámetro	Precipitación total mensual (mm)					Periodo	2015 - 2018	
Altitud (msnm)	2700		Latitud	0°3'33,06" S		Longitud	78°16'58,96" W	
AÑOS	2015	2016	2017	2018	Suma	Media	Mínima	Máxima
ENERO	62,6	49,0	57,4	3,8	172,80	43,20	3,80	62,60
FEBRERO	52,6	5,4	1,8	39,0	98,80	24,70	1,80	52,60
MARZO	59,8	82,2	3,4	31,8	177,20	44,30	3,40	82,20
ABRIL	44,2	113,8	0,0	37,4	195,40	48,85	0,00	113,80
MAYO	19,0	82,0	0,0	32,0	133,00	33,25	0,00	82,00
JUNIO	1,0	35,2	17,8	1,6	55,60	13,90	1,00	35,20
JULIO	25,2	1,2	1,4	2,6	30,40	7,60	1,20	25,20
AGOSTO	0,4	0,2	13,8	0,0	14,40	3,60	0,00	13,80
SEPTIEMBRE	3,8	28,4	4,4	17,0	53,60	13,40	3,80	28,40
OCTUBRE	69,0	39,4	31,0	13,0	152,40	38,10	13,00	69,00
NOVIEMBRE	70,6	29,6	19,2	10,2	129,60	32,40	10,20	70,60
DICIEMBRE	3,4	41,0	16,0	0,8	61,20	15,30	0,80	41,00
SUMA	411,6	507,4	166,2	189,2	1274,40	318,60		
MEDIA	34,3	42,3	13,9	15,8	106,20	26,55	0,00	113,80
Datos Meteorológicos de la Universidad Politécnica Salesiana- Cayambe								
Estación meteorológica	Estación Cangagua					Código	EM-UPS-3	
Parámetro	Precipitación total mensual (mm)					Periodo	2015 - 2018	
Altitud (msnm)	3472		Latitud	0°3'58,12" S		Longitud	78°06'13,58" W	
AÑOS	2015	2016	2017	2018	Suma	Media	Mínima	Máxima
ENERO	45,2	47,0	55,2	55,6	203,00	50,75	45,20	55,60
FEBRERO	30,8	19,4	52,4	55,4	158,00	39,50	19,40	55,40
MARZO	49,4	85,6	80,0	23,4	238,40	59,60	23,40	85,60
ABRIL	36,4	113,8	26,2	62,2	238,60	59,65	26,20	113,80
MAYO	27,4	38,0	38,0	50,2	153,60	38,40	27,40	50,20
JUNIO	38,6	64,6	13,2	5,8	122,20	30,55	5,80	64,60
JULIO	66,4	23,8	24,8	10,8	125,80	31,45	10,80	66,40
AGOSTO	30,4	5,6	42,8	8,2	87,00	21,75	5,60	42,80
SEPTIEMBRE	11,2	46,8	11,4	36,2	105,60	26,40	11,20	46,80
OCTUBRE	36,8	49,2	35,4	45,4	166,80	41,70	35,40	49,20
NOVIEMBRE	59,2	48,4	49,0	37,4	194,00	48,50	37,40	59,20
DICIEMBRE	6,8	73,6	59,0	12,4	151,80	37,95	6,80	73,60
SUMA	438,6	615,8	487,4	403,0	1944,80	486,20		
MEDIA	36,6	51,3	40,6	33,6	162,07	40,52	5,60	113,80
Datos Meteorológicos de la Universidad Politécnica Salesiana- Cayambe								
Estación meteorológica	Estación Olmedo-Pesillo					Código	EM-UPS-2	
Parámetro	Precipitación total mensual (mm)					Periodo	2015 - 2018	
Altitud (msnm)	3111		Latitud	0°8'20,71" N		Longitud	78°04'38,03" W	
AÑOS	2015	2016	2017	2018	Suma	Media	Mínima	Máxima
ENERO	43,4	62,2	86,6	72,0	264,20	66,05	43,40	86,60
FEBRERO	52,6	25,2	80,6	60,6	219,00	54,75	25,20	80,60
MARZO	71,0	55,4	110,6	41,8	278,80	69,70	41,80	110,60
ABRIL	29,6	78,0	17,6	102,6	227,80	56,95	17,60	102,60
MAYO	15,4	23,0	80,8	51,4	170,60	42,65	15,40	80,80
JUNIO	31,2	46,8	42,0	12,6	132,60	33,15	12,60	46,80
JULIO	33,2	3,0	14,2	22,8	73,20	18,30	3,00	33,20
AGOSTO	10,0	0,0	46,6	16,0	72,60	18,15	0,00	46,60
SEPTIEMBRE	11,2	31,6	11,2	15,2	69,20	17,30	11,20	31,60
OCTUBRE	22,2	35,8	41,8	28,2	128,00	32,00	22,20	41,80
NOVIEMBRE	59,6	40,6	66,8	72,2	239,20	59,80	40,60	72,20
DICIEMBRE	4,0	58,0	124,2	31,0	217,20	54,30	4,00	124,20
SUMA	383,4	459,6	723,0	526,4	2092,40	523,10		
MEDIA	32,0	38,3	60,3	43,9	174,37	43,59	0,00	124,20

## Anexo 11. Elección del método para calcular la precipitación efectiva

Opciones de CROPWAT

Precipitac.

Método para Prec. Efectiva para cálculo de RAC

☐ Porcentaje fijo: 80 %

☒ **Precip. confiable (formula FAO/AGLW):**

$P_{ef} = 0.6 * P - 10$  /3 para Pmonth <= 70 /3 mm  
 $P_{ef} = 0.8 * P - 24$  /3 para Pmonth > 70 /3 mm

☐ **Fórmula empírica**

$P_{ef} = 0.5 * P + -5$  /3 para P <= 50 /3 mm  
 $P_{ef} = 0.7 * P + 20$  /3 para P > 50 /3 mm

☐ **USDA servicio de conservación de s**

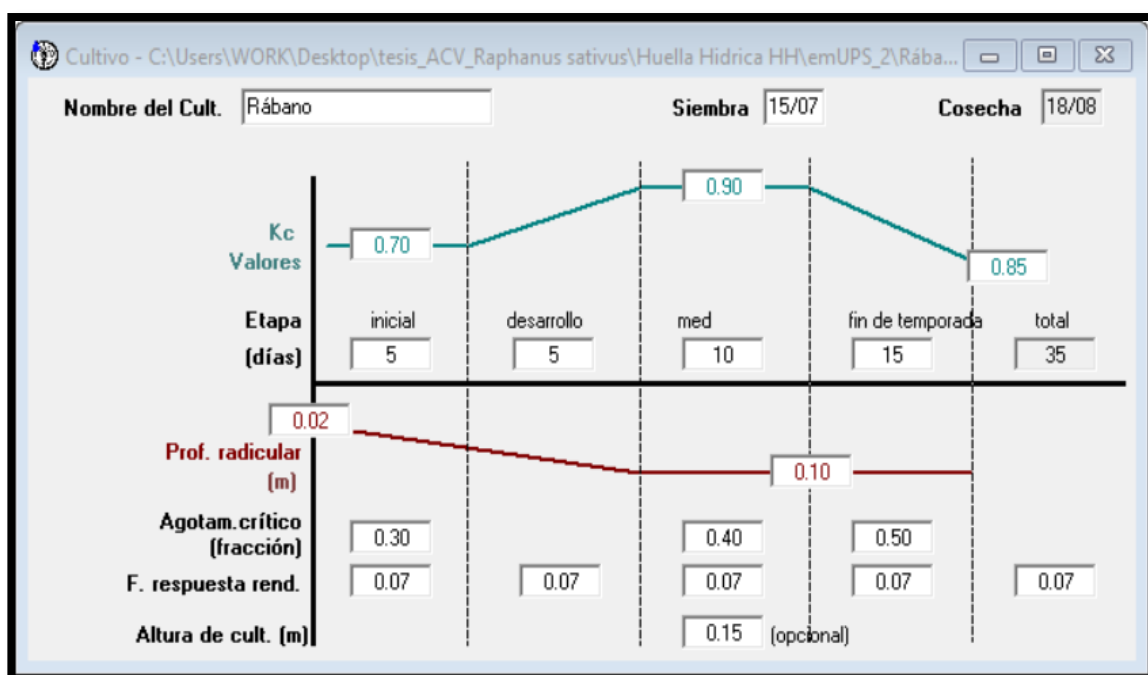
$P_{ef} = (P * (125 - 0.2 * P)) / 125$  para P <= 250 /3 mm  
 $P_{ef} = 125$  /3 + 0.1 \* P para P > 250 /3 mm

☐ **Precipitación no considerada en los cálculos de riego (precipitación efe**

Nota: en rojo se muestran factores de corrección que CROPWAT aplica para ajustar formulas en el caso de datos de prec. diaria y decadiaria (para cálculo de prec. efectiva diaria, los datos son agregados por década)

Guardar como por defecto Volver a conf. FAO por defecto OK Cancelar Ayuda

## Anexo 12. Datos del cultivo rábano



### Anexo 13. Ingreso de datos de clima y precipitación

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Users\ELIO\Desktop\TESIS PAOLA\tesis\_ACV\_Raphanus sativus\Huella Hídrica ...

País  Estación

Altitud  m. Latitud  °S Longitud  °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	8.6	24.1	77	1.2	12.0	27.2	4.71
Febrero	8.7	24.0	81	1.0	12.0	28.1	4.83
Marzo	9.0	23.9	85	0.8	12.0	28.4	4.89
Abril	8.5	23.6	80	1.0	12.0	27.5	4.70
Mayo	8.9	23.3	76	1.1	12.0	26.0	4.38
Junio	9.5	24.6	64	1.7	12.0	25.1	4.58
Julio	7.9	24.2	69	1.4	12.0	25.5	4.46
Agosto	8.3	24.6	60	1.9	12.0	26.8	5.00
Septiembre	7.9	24.8	60	1.8	12.0	27.9	5.20
Octubre	8.7	24.9	78	1.0	12.0	28.0	4.90
Noviembre	8.7	24.8	82	0.7	12.0	27.2	4.72
Diciembre	8.6	25.5	68	1.6	12.0	26.8	4.91
Promedio	8.6	24.4	73	1.3	12.0	27.0	4.77

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Users\ELIO\Desktop\TESIS PAOLA\tesis\_ACV\_Raphanus sativus\Huella Hídrica ...

País  Estación

Altitud  m. Latitud  °S Longitud  °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	8.6	24.1	77	1.2	12.0	27.2	4.71
Febrero	8.7	24.0	81	1.0	12.0	28.1	4.83
Marzo	9.0	23.9	85	0.8	12.0	28.4	4.89
Abril	8.5	23.6	80	1.0	12.0	27.5	4.70
Mayo	8.9	23.3	76	1.1	12.0	26.0	4.38
Junio	9.5	24.6	64	1.7	12.0	25.1	4.58
Julio	7.9	24.2	69	1.4	12.0	25.5	4.46
Agosto	8.3	24.6	60	1.9	12.0	26.8	5.00
Septiembre	7.9	24.8	60	1.8	12.0	27.9	5.20
Octubre	8.7	24.9	78	1.0	12.0	28.0	4.90
Noviembre	8.7	24.8	82	0.7	12.0	27.2	4.72
Diciembre	8.6	25.5	68	1.6	12.0	26.8	4.91
Promedio	8.6	24.4	73	1.3	12.0	27.0	4.77

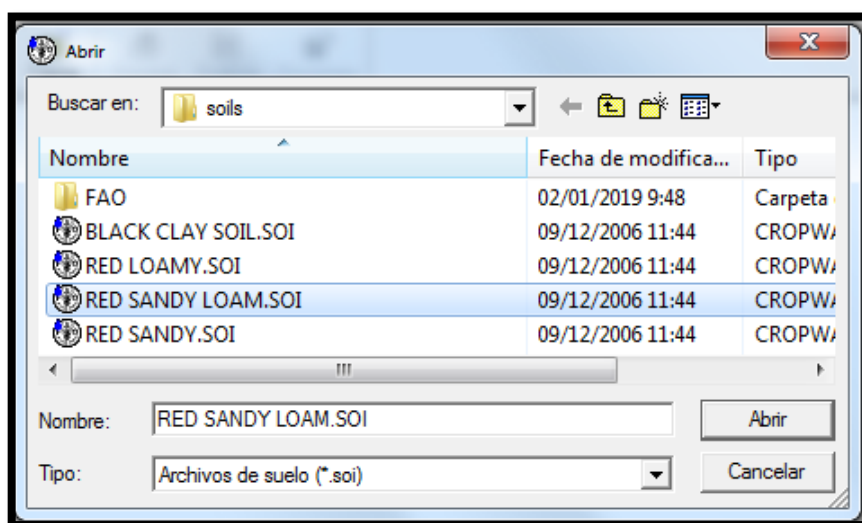
Precipitación mensual - untitled

Estación  Método Prec. Ef

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	62.6	27.6
Febrero	52.6	21.6
Marzo	59.8	25.9
Abril	44.2	16.5
Mayo	19.0	1.4
Junio	1.0	0.0
Julio	25.2	5.1
Agosto	0.4	0.0
Septiembre	3.8	0.0
Octubre	69.0	31.4
Noviembre	70.6	32.5
Diciembre	3.4	0.0
Total	411.6	161.9



#### Anexo 14. Selección del tipo de suelo de la parcela



#### Anexo 15. Valores del requerimiento de agua para el cultivo de rábano

Requerimiento de Agua del Cultivo							
Estación ETo: Pesillo-Olmado				Cultivo: Rábano			
Est. de lluvia: Pesillo-Olmado				Fecha de siembra: 14/10			
Mes	Decada	Etapas	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req. Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	2	Inic	0.70	3.21	22.5	0.2	22.4
Oct	3	Des	0.77	3.46	38.1	3.0	35.1
Nov	1	Med	0.90	3.95	39.5	7.6	31.9
Nov	2	Fin	0.92	3.92	39.2	10.8	28.4
Nov	3	Fin	0.89	3.80	26.6	5.1	19.3
					165.9	26.7	137.1

#### Anexo 16. Porcentaje de las emisiones generadas en los dos sistemas

Emisiones de GEI por cosecha de rábano				
	SAE	%	SC	%
Combustibles	0	0.00%	0.0875	31.90%
Semillas	0	0.00%	0	0.00%
GEI fertilizantes (producción)	0.1143	56.92%	0.108	39.37%
GEI fertilizantes (uso)	0.0782	38.94%	0.0753	27.45%
Encalado (producción)	0.0004	0.20%	0	0.00%
Encalado (uso)	0.0079	3.93%	0	0.00%
Pesticidas	0	0.00%	0.0035	1.28%
<b>TOTAL</b>	<b>0.2008</b>	<b>100.00%</b>	<b>0.2743</b>	<b>100.00%</b>

## Anexo 17. Resultados de porcentaje de composición de N, P, K de biofertilizantes



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 18643  
Hoja 1 de

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** Bocashi MCM004  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Molido color café oscuro  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Marianita de Pingulmi  
**ENVASE:** Funda de polietileno  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 – 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

**ANÁLISIS QUÍMICO:**

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Nitrógeno (%):	Dumas	0.59
Fósforo (%):	Colorimétrico UV Vis	1.6104
Potasio (%):	AA	1.1358

  
 Dra. Cecilia Luzuriaga  
 GERENTE GENERAL  


El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
 Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 18643  
Hoja 1 de

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** Bocashi ACM003  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Molido color café oscuro  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Marianita de Pingulmi  
**ENVASE:** Funda de polietileno  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 – 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

**ANÁLISIS QUÍMICO:**

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Nitrógeno (%):	Dumas	1.21±0.04
Fósforo (%):	Colorimétrico UV Vis	1.4888
Potasio (%):	AA	2.1530

  
 Dra. Cecilia Luzuriaga  
 GERENTE GENERAL  


El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
 Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 18644  
Hoja 1 de

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** Bocashi EPM001  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Molido color café oscuro  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Rosa de Ayora  
**ENVASE:** Funda de polietileno  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 – 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

**ANÁLISIS QUÍMICO:**

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Nitrógeno (%):	Dumas	1.07±0.04
Fósforo (%):	Colorimétrico UV Vis	0.7404
Potasio (%):	AA	1.5354

  
 Dra. Cecilia Luzuriaga  
 GERENTE GENERAL  


El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
 Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 18644  
Hoja 1 de

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** SUPER BIOL QPM004  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Líquido color verde  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Rosa de Ayora  
**ENVASE:** Botella de polietileno  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 – 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

**ANÁLISIS QUÍMICO:**

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Densidad (g/l)	Gravimétrico	1.0120
Nitrógeno (%):	Dumas	0.14
Fósforo (%):	Colorimétrico UV Vis	0.0205
Potasio (%):	AA	0.2044

  
 Dra. Cecilia Luzuriaga  
 GERENTE GENERAL  


El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
 Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB

## Anexo 18. Análisis de pesticidas en producto agroecológico

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 186362  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** Rabano EPM004  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Verdura fresca  
**ANÁLISIS:** Organoclorados  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Rosa de Ayora  
**ENVASE:** Funda ziploc  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 - 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

ORGANOCLOREDOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
α-HCH	AOAC 2007.01 /Modificado con Cromatografía de gases MSD	mg/kg	< 0.01
γ-HCH		mg/kg	< 0.01
β-HCH		mg/kg	< 0.01
γ-HCH (Lindano)		mg/kg	< 0.01
δ-HCH		mg/kg	< 0.01
Heptaclor		mg/kg	< 0.01
Aldrin		mg/kg	< 0.01
Cis-Heptacloropóxido		mg/kg	< 0.01
Trans-Heptacloropóxido		mg/kg	< 0.01
Trans-Clordano		mg/kg	< 0.01
Cis-Clordano		mg/kg	< 0.01
pp-DDE		mg/kg	< 0.01
Dieldrin		mg/kg	< 0.01
Endrin		mg/kg	< 0.01
pp-DDD		mg/kg	< 0.01
op-DDT		mg/kg	< 0.01
pp-DDT		mg/kg	< 0.01

No se encontró residuos de pesticidas Organoclorados.

*Cecilia Luzuriaga*  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL  
LABOLAB

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización expresa de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 186362  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** Rabano EPM004  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Verdura fresca  
**ANÁLISIS:** Organofosforados  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Rosa de Ayora  
**ENVASE:** Funda ziploc  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 - 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

ORGANOFOSFORADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Acefato	AOAC 2007.01 /Modificado con Cromatografía de gases MSD.	mg/kg	< 0.01
Clorpirifos		mg/kg	< 0.01
Diazinón		mg/kg	< 0.01
Dimetoato		mg/kg	< 0.01
Enil-Paratión		mg/kg	< 0.01
Malatión		mg/kg	< 0.01
Metamidofos		mg/kg	< 0.01
Monocrotofos		mg/kg	< 0.01
Proflufenfos		mg/kg	< 0.01
Triclorfon		mg/kg	< 0.01
No se encontró residuos de pesticidas Organofosforados.			

*Cecilia Luzuriaga*  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL  
LABOLAB

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización expresa de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 186362  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** Rabano EPM004  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Verdura fresca  
**ANÁLISIS:** Piretroides  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Rosa de Ayora  
**ENVASE:** Funda ziploc  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 - 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

PIRETRÓIDES	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Cypermethrina	AOAC 998.01 Modificado	mg/kg	< 0.01
Deltamethrina		mg/kg	< 0.01
Permethrina		mg/kg	< 0.01
Tetramethrina		mg/kg	< 0.01

No se encontraron residuos de Piretroides.

*Cecilia Luzuriaga*  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL  
LABOLAB

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización expresa de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 186362  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** Rabano EPM004  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Verdura fresca  
**ANÁLISIS:** Piretrinas  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Rosa de Ayora  
**ENVASE:** Funda ziploc  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 - 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

PIRETRINAS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Piretrina I	AOAC 982.02 Modificado.	mg/kg	< 0.01
Piretrina II		mg/kg	< 0.01
Cinresina I		mg/kg	< 0.01
Cinresina II		mg/kg	< 0.01
Jauconina I		mg/kg	< 0.01
Jauconina II		mg/kg	< 0.01

No se encontraron residuos de Piretrinas.

*Cecilia Luzuriaga*  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL  
LABOLAB

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización expresa de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 186362  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Ronnie Lizano  
**DIRECCIÓN:** La Vicentina  
**MUESTRA:** Rabano EPM004  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Verdura fresca  
**ANÁLISIS:** Ditiocarbamatos  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 de septiembre del 2018  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 05 de septiembre del 2018  
**LOCALIZACIÓN:** Santa Rosa de Ayora  
**ENVASE:** Funda ziploc  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 06 - 20 de septiembre del 2018  
**FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 24 de septiembre del 2018  
**TOMA DE MUESTRA:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25.3°C 32%HR

PIRETRINAS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Maneb	AOAC 982.02 Modificado.	mg/kg	< 0.1
Zineb		mg/kg	< 0.1
Mancozeb		mg/kg	< 0.1

No se encontraron residuos de Ditiocarbamatos.

*Cecilia Luzuriaga*  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL  
LABOLAB

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización expresa de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



## Anexo 19. Análisis de pesticidas en producto convencional

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano  
DIRECCIÓN: La Vicentina  
MUESTRA: Rábano SP002  
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Verdura entera  
ANÁLISIS: Organoclorados  
FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de noviembre del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 20 de noviembre del 2018  
LOCALIZACIÓN: Ascámbul  
ENVASE: Funda ziploc  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 21 de noviembre – 5 de diciembre del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 6 de diciembre del 2018  
TOMA DE MUESTRA: Por cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 22.2°C 60%HR

ORGANOCLOLORADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
α-HCH	AOAC 2007.01 /Modificado con Cromatografía de gases MSD	mg/kg	< 0.01
HCB		mg/kg	< 0.01
β-HCH		mg/kg	< 0.01
γ-HCH (Lindano)		mg/kg	< 0.01
δ-HCH		mg/kg	< 0.01
Heptaclor		mg/kg	< 0.01
Aldrin		mg/kg	< 0.01
Cis-Heptacloropoxido		mg/kg	< 0.01
Trans-Heptacloropoxido		mg/kg	< 0.01
Trans-Clordano		mg/kg	< 0.01
Cis-Clordano		mg/kg	< 0.01
pp-DDD		mg/kg	< 0.01
pp-DDD		mg/kg	< 0.01
pp-DDT		mg/kg	< 0.01
pp-DDT		mg/kg	< 0.01

No se encontraron residuos de pesticidas Organoclorados.

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano  
DIRECCIÓN: La Vicentina  
MUESTRA: Rábano SP002  
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Verdura entera  
ANÁLISIS: Organofosforados  
FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de noviembre del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 20 de noviembre del 2018  
LOCALIZACIÓN: Ascámbul  
ENVASE: Funda ziploc  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 21 de noviembre – 5 de diciembre del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 6 de diciembre del 2018  
TOMA DE MUESTRA: Por cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 22.2°C 60%HR

ORGANOFOSFORADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Acefato	AOAC 2007.01 /Modificado con Cromatografía de gases MSD	mg/kg	< 0.01
Clorpirifos		mg/kg	< 0.01
Diazinón		mg/kg	< 0.01
Dimetoato		mg/kg	< 0.01
Enil-Paratión		mg/kg	< 0.01
Malatión		mg/kg	< 0.01
Metamidofos		mg/kg	< 0.01
Monocrotofos		mg/kg	< 0.01
Profenofos		mg/kg	< 0.01
Ticlorfon		mg/kg	< 0.01

No se encontraron residuos de pesticidas Organofosforados.

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano  
DIRECCIÓN: La Vicentina  
MUESTRA: Rábano SP002  
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Verdura entera  
ANÁLISIS: Piretroides  
FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de noviembre del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 20 de noviembre del 2018  
LOCALIZACIÓN: Ascámbul  
ENVASE: Funda ziploc  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 21 de noviembre – 5 de diciembre del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 6 de diciembre del 2018  
TOMA DE MUESTRA: Por cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 22.2°C 60%HR

PIRETOIDES	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Cypermetrina	AOAC 998.01 Modificado	mg/kg	< 0.01
Deltametrina		mg/kg	< 0.01
Permetrina		mg/kg	< 0.01
Tetrametrina		mg/kg	< 0.01

No se encontraron residuos de Piretroides.

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano  
DIRECCIÓN: La Vicentina  
MUESTRA: Rábano SP002  
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Verdura entera  
ANÁLISIS: Piretrinas  
FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de noviembre del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 20 de noviembre del 2018  
LOCALIZACIÓN: Ascámbul  
ENVASE: Funda ziploc  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 21 de noviembre – 5 de diciembre del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 6 de diciembre del 2018  
TOMA DE MUESTRA: Por cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 22.2°C 60%HR

PIRETRINAS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Piretrina I	AOAC 982.02 Modificado.	mg/kg	< 0.01
Piretrina II		mg/kg	< 0.01
Cinetrina I		mg/kg	< 0.01
Cinetrina II		mg/kg	< 0.01
Jasmolina I		mg/kg	< 0.01
Jasmolina II		mg/kg	< 0.01


No se encontraron residuos de Piretrinas.

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano  
DIRECCIÓN: La Vicentina  
MUESTRA: Rábano SP002  
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Verdura entera  
ANÁLISIS: Ditiocarbamatos  
FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de noviembre del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 20 de noviembre del 2018  
LOCALIZACIÓN: Ascámbul  
ENVASE: Funda ziploc  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 21 de noviembre – 5 de diciembre del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 6 de diciembre del 2018  
TOMA DE MUESTRA: Por cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 22.2°C 60%HR


PIRETRINAS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Maneb	AOAC 982.02 Modificado.	mg/kg	< 0.1
Zineb		mg/kg	< 0.1
Mancoseb		mg/kg	< 0.1

No se encontraron residuos de Ditiocarbamatos.

## Anexo 20. Coliformes en producto - Ascázubi



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA  
ECUADOR**



**SALESIANOS  
DON BOSCO**

**LABORATORIO DE CALIDAD DE LECHE**

**Cliente:** Universidad Politécnica Salesiana-Proyecto de investigación

**Dirección:** "Estudio comparativo del sistema agroalimentario hortícola bajo el modelo de la revolución verde y del modelo agroecológico en la zona de Cayambe y Tabacundo"

**Contacto:** Av. 12 de Octubre N24-22 y Wilson

**Teléfono:** Ronie Lizano  
02 3962 800

**Correo electrónico:** rilizano@ups.edu.ec /maritza\_chiuisa@hotmail.com

**INFORME DE RESULTADOS**

**Cantidad de muestras:** 3

**Muestras con observaciones:** 3

**Lote:** 18577

**Fecha de colecta:** 20-21/11/2018

**Fecha de recepción:** 20-21/11/2018

**Fecha de análisis:** 21/11/2018

**Fecha de emisión de resultados:** 04/12/2018

**Descripción:** Frutas y Hortalizas

Ruta / Filtro:	Código examinado	Coliformes totales UFC/g	E.coli UFC/g	Observaciones
202960	Frutilla 21/11/2018	370	50	G
202961	Remolacha 21/11/2018	500	0	G
202962	Rábano 20/11/2018	1.500	0	G

**Origen de los criterios de cumplimiento:**

Laboratorio de ensayo de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN-17-008

Los ítem marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

\*VMP = Valor máximo permitido para identificar nivel aceptable de calidad. (Fuente: Frutas y Hortalizas frescas. Muestreo INEN 1750-1994)

Método Referencia e internos utilizados : AOAC 991.14 para E.coli UFC/g ; NTE INEN 1529:7-2013 para Coliformes totales

Simbología: (UFC) Unidades Formadoras de Colonias, (G) Sin etiqueta, (E) Presencia de sociedades

**Nota 1:** Este informe corresponde a la muestra que se ingresó

**Nota 2:** Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin previa autorización escrita por parte del LCL

**Nota 3:** Muestra tomada por:

☒ Cliente


☐ LCL

☐ Ver Anexo


**Nota 4:** La temperatura aproximada de ingreso de la muestra es

**Nota 5:** Datos adicionales de la muestra:

Marca:	-
Lote de fabricación:	-
Fecha de elaboración:	-
Fecha de caducidad:	-




Quim Paola Simbana  
Jefe de Laboratorio




Ing. Elsa Echeverría  
Responsable Técnico

## Anexo 21. Coliformes en producto - Juan Montalvo



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA  
ECUADOR**



**SALESIANOS  
DON BOSCO** Página 1 de 1

**LABORATORIO DE CALIDAD DE LECHE**

**Cliente:** Universidad Politécnica Salesiana-Proyecto de investigación  
"Estudio comparativo del sistema agroalimentario hortícola bajo el modelo de la revolución verde y del modelo agroecológico en la zona de Cayambe y Tabacundo"

**Dirección:** Av. 12 de Octubre N24-22 y Wilson

**Contacto:** Ronie Lizano

**Teléfono:** 02 3962 800

**Correo electrónico:** rlizano@ups.edu.ec /maritza\_chiluiza@hotmail.com

**INFORME DE RESULTADOS**

**Cantidad de muestras:** 2

**Muestras con observaciones:** 2

**Lote:** 18572

**Fecha de colecta:** 18/11/2018

**Fecha de recepción:** 19/11/2018

**Fecha de análisis:** 19/11/2018

**Fecha de emisión de resultados:** 04/12/2018

**Descripción:** Hortalizas

Ruta / Filtro:	Código examinado	Coliformes totales UFC/g	E.coli UFC/g	Observaciones
202435	Lechuga 15/11/2018	190	0	G
202436	Rábano 15/11/2018	400	60	G
(*)Especificación de norma o reglamento		-	-	-

**Referencias y Observaciones**

Laboratorio de ensayo de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN-17-908

Los ítems marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

(\*)VMP = Valor máximo permitido para identificar nivel aceptable de calidad. (Fuente: Frutas y Hortalizas frescas, Muestreo INEN1750:1994)

Método Referencia e internos utilizados : AOAC 991.14 para E.coli UFC/g - NTE INEN 1529:7:2013 para Coliformes totales

Simbología: (UFC) Unidades Formadoras de Colonias, (G) Sin etiqueta, (E) Presencia de sociedades

Nota 1: Este informe corresponde a la muestra que se ingresa


Nota 2: Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin previa autorización escrita por parte del LCL

Nota 3: Muestra tomada por: Cliente ☒  
LCL ☐ Ver Anexo ☐


Nota 4: La temperatura aproximada de ingreso de la muestra/s es 11

Nota 5: Datos adicionales de la muestra:

Marca:	-
Lote de fabricación:	-
Fecha de elaboración:	-
Fecha de caducidad:	-



Quim Paola Simaña



Ing. Elsa Echovarría  
Responsable Técnico



## Anexo 22. Análisis en laboratorio de recurso suelo y agua

